

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000011854
PUBLICATION DATE : 14-01-00

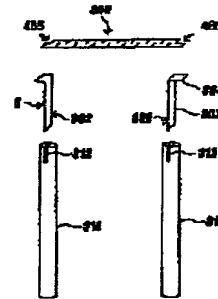
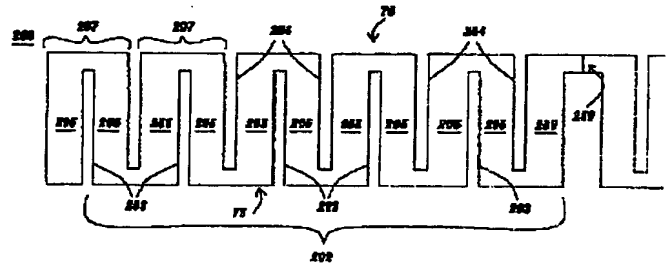
APPLICATION DATE : 07-06-99
APPLICATION NUMBER : 11158917

APPLICANT : GENERAL ELECTRIC CO <GE>;

INVENTOR : DENNIS JOSEPH DALPE;

INT.CL. : H01J 1/16 H01J 1/14 H01J 1/15
H01J 9/04

TITLE : MANUFACTURE OF FILAMENT AND
EMITTER, AND FILAMENT
SUPPORTING SYSTEM



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the properties of a filament formed of a generally thin metal member such as a sheet, ribbon or foil.

SOLUTION: Filaments 200, 300 each include at least one emitter 202, at least one of current concentration structures 203, 204 and at least one of tabs 250, 465 formed at each end of the emitters. Each of the tabs can be connected to, for instance, a supporting system composed of a lead 5 and a mounting post 310. When a current is carried into the filament, the current concentration structure generates, in the emitter, a current flow which may bring about a desired temperature distribution (for instance, a substantially uniform temperature distribution) along the emitter. In this case, the filaments may be curved.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(11)特許出願公開番号
特開2000-11854
(P2000-11854A)

(43)公開日 平成12年1月14日(2000.1.14)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 J	1/16	H 0 1 J	A
	1/14		E
	1/15		G
			H
9/04		9/04	H

審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 15 頁)

(21)出願番号	特願平11-158917	(71)出願人	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ GENERAL ELECTRIC CO MPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ クタディ、リバーロード、1番
(22)出願日	平成11年6月7日(1999.6.7)	(72)発明者	ドン・マーク・リップキン アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカ ユナ、サンドラ・レーン、1237番
(31)優先権主張番号	09/093046	(74)代理人	100076303 弁理士 生沼 徳二
(32)優先日	平成10年6月8日(1998.6.8)		
(33)優先権主張国	米国(US)		

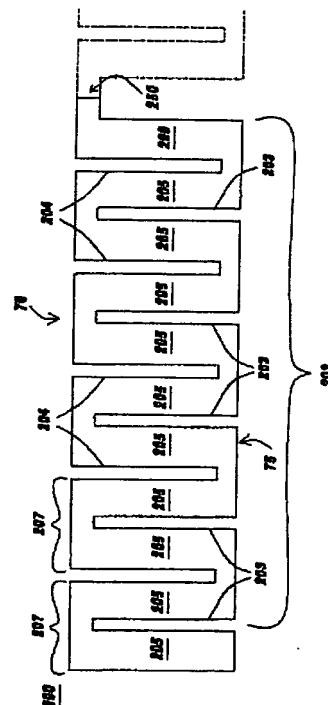
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フィラメント、エミッタ製造方法及びフィラメント支持系

(57) 【要約】

【課題】 シート、リボン又は箔のごとき概して薄い金属部材から成るフィラメントの性能を改善する。

【解決手段】 フィラメント（２００）は、少なくとも１個のエミッタ（２０２）、少なくとも１つの電流集中構造（２０３、２０４）、及び少なくとも１個のエミッタの各々の末端に設けられたタブ（２５０）を含んでいる。各々のタブは、たとえばリード（５）及び取付ポスト（３１０）から成る支持系に接続することができる。フィラメント中に電流を流した場合、電流集中構造はエミッタに沿って所望の温度分布（たとえば、実質的に一様な温度分布）をもたらすような電流の流れをエミッタ中に生じさせる。フィラメントは湾曲していてもよい（９００、９０１、９０２）。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属箔、シート又はリボンから形成されたフィラメントにおいて、少なくとも1つの電流集中構造を有する少なくとも1個のエミッタと、前記エミッタの各々の末端に設けられて電気機械的支持構造物への接続を可能にするタブとを含み、前記フィラメント中に電流を流した場合に前記電流集中構造が前記エミッタに沿って所定の温度分布をもたらすような電流の流れを生じさせることを特徴とするフィラメント。

【請求項2】 前記電流集中構造が前記エミッタに沿った温度分布を設計するために使用し得る前記エミッタ中の分布状態及び深さを有する請求項1記載のフィラメント。

【請求項3】 前記フィラメントが単一エミッタ・フィラメント又は多重エミッタ・フィラメントである請求項1記載のフィラメント。

【請求項4】 前記電流集中構造が前記エミッタの末端に近接して配置された少なくとも1個のテーパ付き電流集中構造から成る請求項1記載のフィラメント。

【請求項5】 前記電流集中構造が少なくとも1個の溝穴から成る請求項1記載のフィラメント。

【請求項6】 複数の溝穴を更に含んでいる請求項5記載のフィラメント。

【請求項7】 前記複数の溝穴が互い違いに配置された溝穴から成る請求項6記載のフィラメント。

【請求項8】 前記フィラメントがタングステン、タンタル、モリブデン、レニウム、ニオブ及びそれらの合金から成る群より選ばれた材料から成る請求項1記載のフィラメント。

【請求項9】 前記フィラメント材料がカリウム、トリウム、ランタン、セリウム、ハフニウム、金属炭化物及び金属酸化物から成る群より選ばれた追加の成分を含有する請求項8記載のフィラメント。

【請求項10】 前記エミッタが側辺を有し、かつ前記エミッタが平均電流の流れる方向を表わすx軸及びx軸とほぼ直交するy軸を規定していて、x軸及びy軸によって規定される平面が前記エミッタの平面である場合において、前記電流集中構造がx軸にほぼ平行な前記側辺の少なくとも一方から延びる少なくとも1個の溝穴から成る請求項1記載のフィラメント。

【請求項11】 前記電流集中構造が両方の前記側辺から互い違いに延びる複数の溝穴から成る請求項11記載のフィラメント。

【請求項12】 前記複数の溝穴が可変の溝穴間隔、溝穴幅及び溝穴深さを有する請求項10記載のフィラメント。

【請求項13】 前記エミッタが平均電流の流れる方向を表わすx軸、x軸とほぼ直交するy軸、並びにx軸及びy軸とほぼ直交するz軸を規定していて、x軸及びy軸によって規定される平面が前記エミッタの平面である

場合において、前記フィラメントがy軸及びz軸によって規定される平面並びにx軸及びz軸によって規定される平面の少なくとも一方の平面内において湾曲している請求項1記載のフィラメント。

【請求項14】 前記フィラメントの曲率半径が1.0mmから無限大までの範囲内にある請求項13記載のフィラメント。

【請求項15】 前記フィラメントが0.01~1.0mmの範囲内の厚さを有する薄い材料から成る請求項1記載のフィラメント。

【請求項16】 少なくとも1つの電流集中構造を有する結果、エミッタ中に電流を流した場合には前記電流集中構造が前記エミッタに沿って所望の温度分布をもたらすような電流の流れを前記エミッタ中に生み出すことのできる金属エミッタを用意する工程、第1の固定ダイを用意する工程、前記第1の固定ダイ上に前記エミッタを配置する工程、剛性の可動ダイを用意する工程、前記エミッタに向けて前記可動ダイを移動させる工程、並びに前記エミッタを変形させて湾曲したエミッタを得る工程を含むことを特徴とする湾曲したエミッタの製造方法。

【請求項17】 前記ダイの少なくとも一方を予熱する工程を更に含む請求項16記載の方法。

【請求項18】 前記第1の固定ダイが湾曲したエミッタを生み出すための形状を持ったくぼみを有し、かつ前記可動ダイが前記くぼみに実質的に適合する表面を有する場合において、前記第1の固定ダイによって規定されたくぼみ中に前記可動ダイを移動することによって前記エミッタを変形させる工程を更に含む請求項16記載の方法。

【請求項19】 前記第1の固定ダイが変形可能な材料から成る場合において、前記可動ダイを移動させて前記エミッタに接触させることによって前記エミッタを前記可動ダイの形状に従って変形させる工程を更に含む請求項16記載の方法。

【請求項20】 少なくとも1個のエミッタ及び複数の接続用タブを含むフィラメントのための支持系において、前記エミッタの前記複数のタブに取付けることのできる複数の箔リードと、前記リードを受入れることのできる溝穴をそれぞれに有する複数の取付ポストを少なくとも含む支持構造物とを有して、各々の前記リードが前記複数の取付ポストの1つの溝穴に接続された後に各々の前記タブをリードに取付けられていることを特徴とするフィラメント支持系。

【請求項21】 少なくとも1個の前記リードが予め曲げられたリードから成る請求項20記載の支持系。

【請求項22】 前記リードを前記ポストに接続しかつ前記タブを前記リードに接続するための取付手段が更に含まれていて、前記取付手段がレーザ溶接、電子ビーム溶接、抵抗溶接及びろう付けから成る群より選ばれている請求項20記載の支持系。

【請求項23】 前記複数のリードがタングステン、 tantalum、モリブデン、ニオブ、レニウム及びそれらの合金から成る群より選ばれた材料から成る請求項20記載の支持系。

【請求項24】 前記エミッタが複数の電流集中構造用溝穴及び少なくとも2個のタブを有し、かつ各々の前記リードが前記タブと協働する少なくとも1つの一端の開いた溝穴を有しており、前記エミッタが前記一端の開いた溝穴に前記タブを嵌合させることによって支持されている請求項20記載の支持系。

【請求項25】 前記エミッタが複数の電流集中構造用溝穴及び少なくとも2個のタブを有し、かつ各々の前記リードが前記タブと協働する少なくとも1つの両端の閉じた溝穴を有しており、前記エミッタが前記両端の閉じた溝穴中に前記タブを嵌合させることによって支持されている請求項20記載の支持系。

【請求項26】 前記タブ及び前記リードの一方がロッキング・ニブ構造を有し、かつ前記タブ及び前記リードの他方が前記ロッキング・ニブ構造を受入れる両端の閉じた溝穴を有する請求項20記載の支持系。

【請求項27】 前記エミッタが0.01～1.0mmの範囲内の厚さを有する請求項20記載の支持系。

【請求項28】 フィラメント形状の三次元メッシュを生成し、設定された境界条件の下で結合熱・電気方程式を解くことによって前記フィラメント形状の表面に沿った温度分布を求め、そしてフィラメント形状を生成する操作及び前記の設定された境界条件の下で温度分布を求める操作を、前記フィラメントの形状が温度分布規格に適合するまで繰返すことを特徴とする、フィラメントの幾何学的形状を決定する方法。

【請求項29】 前記の設定された境界条件が加熱電流、周囲温度及びリード温度の少なくとも1者に関する境界条件である請求項28記載の方法。

【請求項30】 温度分布を求める操作が、ジュール加熱、放出放射及び熱伝導のうちの少なくとも1つを考慮に入れることを含む請求項28記載の方法。

【請求項31】 単一エミッタ・フィラメント又は多重エミッタ・フィラメントに関してフィラメントの幾何学的形状を決定する場合において、前記フィラメントが0.01～1.0mmの範囲内の厚さを有する金属箔、金属リボン又は金属シートから成る請求項28記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はフィラメントに関するものである。更に詳しく言えば、本発明は電子エミッタ用のフィラメント構造に関する。

【0002】

【従来の技術】 フィラメントは少なくとも1個のエミッタを含んでいる。エミッタは、エネルギーを吸収した

際、たとえば電子の形態でエネルギーを放出する部品である。フィラメントにおいては、エミッタは1つの構成要素であって、追加の部品が含まれることもある。あるいはまた、フィラメントが複数のエミッタを含むこともある。

【0003】 照明及び電子放出用の従来のフィラメントの形状は、一般にらせん状のコイルから成っている。らせん状のコイルは比較的等方性の照明を要求する多くの用途に適することが判明しているが、電子放出用としては効率的でない場合がある。このような非効率の原因の1つは、放出電流に関する空間電荷制限のために飽和度が低く、従って弱い信号しか生じないことにある。更にまた、電子軌道の多くが関連する陽極の所望ターゲット領域の外側の部分に到達して望ましくない焦点スポット形状をもたらす。

【0004】 フィラメント、エミッタ、フィラメント製造及び支持構造物に関する従来の技術は、らせん状のタングステン・コイルから成るエミッタのみに集中していた。らせん状のコイルから成るフィラメントを支持体に取付ける際には、導電性リードの内部にフィラメント線を圧着する操作が行われる。このような取付方法において使用される技術は、フィラメントの位置狂いを生じ、ひいては望ましくない焦点スポット特性をもたらすことが多い。

【0005】 照明用及び電子放出用として、リボン状フィラメント及びそれらのエミッタも当業界において公知である。これらのリボン状フィラメントは、一般に単一のエミッタを有している。かかる公知のリボン状フィラメントは一体形成されたリードを有しており、従って所望の位置合せ精度をもって支持体に取り付けることが困難である。一体リードを有するフィラメント形状は、陰極アセンブリ中における位置合せを妨げる。なぜなら、支持構造物への取付けに際して一体リードをねじった場合、リボン状フィラメントはゆがみ易いからである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 十分に長いらせん状コイルから成るフィラメントにおいては、かかるコイルが引伸ばされた長さにわたって一様な横断面を有するため、に近似的な等温加熱が示される。横断面が一様であれば、フィラメントの一部分に沿っての熱伝導は実質的に無視できる。公知のリボン状フィラメントにおいては、エミッタに沿って一様な温度が維持されず、従ってそれらの潜在的に可能な熱電子放出電流及び寿命に近づくことがない。その上、公知のリボンフィラメントはフィラメントに沿って特別に設計された温度分布を有しておらず、従ってその潜在的に可能な焦点スポット品質が達成されることがない。公知のリボンフィラメントのその他の欠点としては、取付け後の安定性及び支持体や取付構造物との位置合せの容易さが不十分であることが挙げられる。

【0007】それ故、大きい放出電流及び良好な焦点スポット品質を達成しながら、エミッタに沿った所望の温度分布及び延長されたエミッタ寿命を生み出すようなフィラメント構造を導入することによってフィラメント及び関連エミッタの性能を改善することが望ましいわけである。また、従来のらせん状コイルに比べて実質的な取付け上の利点をもたらすようなフィラメント形状を提供することも望ましい。かかる取付け上の利点としては、集束性の向上、形状安定性及びその結果としての耐久性の向上、フィラメント取付け構造物内における位置合せの容易さ、並びに焦点スポット品質の維持が挙げられるが、それらのみに限定されるわけではない。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の一側面に従えば、フィラメントの幾何学的形状を決定するための方法が提供される。かかるフィラメントは薄い金属箔、リボン又はシートから成っており、かつフィラメントに沿って所定の温度分布を示すことによって電子放出及び寿命を向上させるような幾何学的形状（以下、単に「形状」とも称す）を有している。本発明の方法は、フィラメント形状の三次元メッシュ（以後は「3Dメッシュ」と呼ぶ）を生成し、この3Dメッシュに関して境界条件を設定し、設定された境界条件の下で結合熱・電気方程式を解くことによって生成されたフィラメント形状の表面に沿った温度分布を求め、そして温度分布規格に適合する場合にはそのフィラメント形状を合格と判定することから成っている。そのフィラメント形状が温度分布規格に適合しなければ、温度分布が合格となるまで上記のフィラメント形状判定方法が繰返される。

【0009】本発明の別の側面に従えば、薄い金属箔、リボン又はシートから成るフィラメントが提供される。かかるフィラメントは、一般に電子又は光子の形態でエネルギーを放出する少なくとも1個のエミッタ、電流の流れを局限する少なくとも1つの電流集中構造、及びエミッタの取付けのためエミッタの各端に設けられた少なくとも1個のタブを含んでいる。かかるエミッタはまた、追加のタブを含むこともある。その結果、フィラメント中に電流を流した場合に、電流集中構造がフィラメント中に電流の流れを生じさせ、それによりエミッタに沿って所望の温度分布が得られる。

【0010】本発明の更に別の側面に従えば、湾曲したフィラメントの製造方法が提供される。この方法によれば、薄い金属箔、リボン又はシートから成ると共に、少なくとも1個のエミッタを有しかつ軸線を規定するフィラメント素材が用意される。かかるフィラメントは少なくとも1つの電流集中構造を含んでいる結果、フィラメント中に電流を流した場合に、電流集中構造がフィラメントに沿って所望の温度分布をもたらす。かかる方法は、第1の固定ダイを用意する工程、第1の固定ダイ上にエミッタを配置する工程、可動ダイを用意する工程、

エミッタに向けて可動ダイを移動させる工程、並びにエミッタを変形させてフィラメント中に所望の湾曲を生み出す工程を含んでいる。

【0011】本発明の更に別の側面に従えば、タブを具備した少なくとも1個のエミッタを有するフィラメントを支持するための支持系が提供される。かかる支持系は、複数のフィラメント・タブへの取付けを可能にするタブ・コネクタを有する複数のリードと、リードを受入れることのできる溝穴をそれぞれに有する複数の取付けポストから少なくとも成る支持構造物とを含んでいる。その結果、各々のタブをリードに取付けかつ各々のリードをポストに取付けた場合、フィラメントは機械的かつ電氣的に支持されることになる。

【0012】本発明によって提供されるフィラメントは薄いものであって、たとえば約0.01〜約10ミリの範囲内の厚さを有している。また、かかるフィラメントは適当な放出材料から成る。そのような材料としては、実質的に純粋なタングステン、タンタル、レニウム及びそれらの合金から成る群より選ばれた材料、たとえばクリープ抵抗性を改善するため役立つカリウム添加タングステンのごときドーパ材料、機械的性質を向上させるために役立つ炭化物又は酸化物含有材料のごとき少なくとも1種の粒子含有材料、並びに熱電子放出を向上させるために役立つランタン添加、セリウム添加、ハフニウム添加及びトリウム添加タングステンの少なくとも1種が挙げられるが、それらのみに限定されるわけではない。

【0013】本発明の上記及びその他の側面、利点並びに顕著な特徴は、添付の図面を参照しながら本発明の実施の態様を開示する以下の詳細な説明を読むことによって明確に理解されよう。なお、添付の図面中において、同じ部分は同じ参照符号によって示されている。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明におけるフィラメントは薄い金属箔、リボン又はシートであって、少なくとも1個のエミッタを含んでいる。上記のごとく、かかるフィラメントはたとえば約0.01〜約1.0mmの範囲内の厚さを有する薄いものであり、またエミッタはエネルギー（たとえば、ジュール加熱からのエネルギー）を吸収して電子又は光子のごときエネルギーを放出する。フィラメントが1個のエミッタを含む時、それは単一エミッタ・フィラメントと呼ばれる。また、フィラメントが2個以上のエミッタを含む時、それは多重エミッタ・フィラメントと呼ばれる。図1は、3つの直交する座標軸x、y及びz上に置かれたフィラメント1を示している。以下の議論においては、xy平面がエミッタの平面を規定し、またx軸はフィラメントを通して流れる電流の平均的な方向を規定する。

【0015】フィラメントは適当な放出材料から成る。かかる材料としては、タングステン、タンタル、レニウム及びそれらの合金から成る群より選ばれた実質的に純

粋な材料、並びにたとえばクリープ抵抗性を改善するため役立つカリウム添加タングステンのごときドーパ材料が挙げられるが、それらのみに限定されるわけではない。かかる材料としてはまた、機械的耐久性を向上させるために役立つ金属炭化物及び金属酸化物の少なくとも1種、並びに熱電子放出を向上させるために役立つランタン添加、セリウム添加、ハフニウム添加及びトリウム添加タングステンの少なくとも1種も挙げられる。フィラメントの初期形状は、約0.01～約1.0mmの範囲内の厚さ及び約1.0～約1000.0mm²の範囲内の表面積を有する箔素材である。従って、フィラメントは約1.0mA～約10.0Aの範囲内の放出電流を発生し得る。なお、フィラメントの正確な寸法は所望の放出電流、寿命、及び焦点スポットの大きさに応じて変化する。

【0016】各々のフィラメントは、該フィラメントを適当な電気機械的支持構造物に接続するために使用される少なくとも2つの末端接続部分（「タブ」とも呼ばれる）を含んでいる。通常、タブの数はエミッタの数よりも1だけ大きい。たとえば、フィラメントが単一のエミッタを含む場合には2つのタブが存在する。フィラメントが2個のエミッタを含む場合には3つのタブが存在していて、その内の1つは各々のエミッタによって共有されている。一般に、 x 個のエミッタに対するタブの数は $x+1$ である。

【0017】エミッタの熱電子放出は、主として温度に依存する。フィラメントに沿った温度分布の変化は、熱電子放出の激しい変化をもたらすことがある。実質的に平面状あるいは僅かに湾曲した放出面を有するフィラメントは、従来のらせん状コイルに比べて実質的な利点をもたらす。これらの利点としては、放出電流の増加、集束能力の向上、エミッタ寿命の延長、取付構造物における位置合せの容易さ、並びに長期にわたる形状安定性、及びそれに伴う焦点スポット品質の保持が挙げられる。

【0018】フィラメントに沿った所望の温度分布（たとえば、実質的に一様な温度分布）を生み出すフィラメントの幾何学的形状を決定するための予測ツールが開発された。かかるモデルは、パターン化された金属導体を通して流れる電流に関する結合熱・電気問題を解くための三次元数値解法に基づくものであって、所望のフィラメント寿命を確保しながら熱電子放出の強さ及び分布を向上させるフィラメント形状を決定するために役立つ。

【0019】かかる予測ツールにおいては、各々のフィラメントにおけるジュール熱を対応する熱損失（たとえば、伝導及び放射による熱損失）と釣り合わせるような数値解法〔たとえば有限要素法（FEM）であるが、それに限定されるわけではない〕が使用される。次いで、フィラメントの構造を「試験」することにより、フィラメントに沿った温度分布が検証される。かかる設計ツール

の方法論を図2に関連して下記に説明する。

【0020】図2に示された予測モデルについて説明すれば、工程S1においてフィラメント形状の3Dメッシュが生成される。工程S2においては、適当な境界条件が設定される。かかる境界条件としては加熱電流、周囲温度及びリード温度が挙げられるが、それらのみに限定されるわけではない。工程S3においては、結合熱・電気方程式を解くことによって放出表面に沿った温度分布が求められる。かかる結合熱・電気方程式は、ジュール加熱、放出放射及び熱伝導を関係づけるものである。

【0021】工程S4においては、工程S3において計算された温度分布が温度分布規格と照合される。もし温度分布規格に適合すれば、発案されたフィラメント構造は工程S5において合格と判定される。しかるに、発案されたフィラメント構造が温度分布規格に適合しなければ、適宜に変更された形状に関して工程S1～S4が反復される。工程S1～S4の反復は、温度分布規格に適合するまで続けられる。その時点において、予測ツールを用いた解法は完了する。

【0022】フィラメントに関して選択される温度分布規格は、目的の用途に応じて決定される。本発明を限定するものではないが、たとえば、エミッタに沿った温度変動が約 $\pm 25^{\circ}\text{K}$ 以下となるように温度一様性規格が設定される。かかる規格は、フィラメント寿命に対する放出電流を増加させるために役立つ。図3には、上記の設計ツールによって決定される多重エミッタ・フィラメント200（この場合は二重エミッタ・フィラメント）用の可能なエミッタ形状の一例が示されている。フィラメント200は、エミッタ202及び（点線で示される）その鏡像エミッタから成っている。図3に示されたエミッタ202の寸法の実例は、約2.0mm $\times$ 5.0mmの面積及び約0.05mmの厚さである。タブ250は約2000 $^{\circ}\text{K}$ の温度に維持される。かかるエミッタは、約7Aの印加電流 i で作動される。こうして生じる温度分布は（約 $\pm 25^{\circ}\text{K}$ の変動はあるものの）エミッタ202の一部分にわたって実質的に一様であり、また到達する最高温度は約2600 $^{\circ}\text{K}$ である。なお、このような記載は単に例示を目的としたものであって、本発明を制限するものではない。

【0023】図3のフィラメント200は、蛇行した形状のエミッタ202を含んでいる。かかる蛇行した形状は、焦点スポットを形成しかつ規定するエミッタの活性放出部分を通して流れる電流を制御し、その結果としてフィラメントに沿った所望の温度分布を生み出すために役立つ。かかる蛇行した形状中における電流集中用溝穴（切欠き）の数、寸法及び位置は、リードへの熱損失を防止すると共に、エミッタに沿って所望の温度分布を達成するように変化させることができる。

【0024】図3に示されるような蛇行したエミッタ形状は、フィラメント200の一方の側辺75から延びる

第1の溝穴203と、フィラメント200の反対の側辺76から延びる第2の溝穴204とを互い違いに設けることによって規定される。溝穴203及び204は、それらの間にエミッタ部分205をそれぞれ規定する。図3には5個のエミッタ・セグメント207が示されているが、この数は単に本発明を例示するものに過ぎない。本発明の範囲内においては、所望のエミッタ温度分布を達成するために任意の数のエミッタ・セグメント207を設けることができる。

【0025】フィラメントの性能及び信頼性は、フィラメントからの熱電子放出とフィラメントとの蒸発速度とを釣合わせることによって向上する。図4は、タングステン・フィラメントからの熱電子放出及び蒸発温度をエミッタ温度に対してプロットしたグラフである。このグラフは、フィラメントに関する可能な動作温度範囲を示す。このグラフによって示されるごとく、上記の動作温度範囲の外側の温度は不十分な放出又は不適切な寿命をもたらすことになる。

【0026】図5～10には、フィラメント形状の幾つかの実例が示されている。全般的に図示されかつ後記に詳述されるごとく、フィラメント・タブ250はリード5に接続される。図5～7は単一エミッタ・フィラメント構造を示しており、また図8～10は多重エミッタ・フィラメント構造を示している。図8及び9は、末端同士を連結した複数のエミッタを含んでいる。図10は、横並びの状態に配列された複数のエミッタを含むフィラメントを示している。溝穴及び側辺、並びにその結果として得られるエミッタの形状は、特に記載のない限り、図3に関連して述べた通りである。

【0027】図5は、電流集中用の溝穴12を有するフィラメント10を示している。かかる溝穴12は、フィラメント10に沿って散在した様々な寸法及び形状のものを含んでいる。かかる溝穴12は互いに離隔していても良いばかりでなく、所望のエミッタ性能を達成するために必要ならばフィラメント10における配置パターン、深さ及び幅を任意に選定することができる。

【0028】図6は、電流を集中させるためタブに隣接してテーパ付きの端部21を有する第2のフィラメント20を示している。各々のテーパ部分22は、中央部分における一定の幅からタブ250に向かって狭くなっている。テーパ部分22の形状は、目的とするフィラメントの性能規格に応じて変化し得る。たとえば、テーパ部分22の寸法及び方位は、熱損失を防止すると共に、所望の温度分布（たとえば、エミッタに沿って一様な温度分布）を生み出すように変化させることができる。

【0029】図7～10は、互い違いに配置された溝穴を有する蛇行パターンエミッタ形状を示している。かかる溝穴は電流密度分布を変化させることによってフィラメント温度を制御するために役立つものであって、任意所望の機能を達成するためフィラメント上に散在させ

ることができる。たとえば、取付部材への熱損失を防止するため、フィラメントの両端により高い密度で存在させることができる。かかる溝穴は、フィラメントに沿ってx軸（図10）又はy軸（図7～9）の方向に一定の距離だけ延びている。図7～9に示された互い違いの溝穴は、フィラメントの一方の側辺75に設けられた第1群の溝穴32と、他方の側辺76に設けられた第2群の溝穴33とを含んでいて、それにより蛇行パターンエミッタ形状を規定している。溝穴32及び33は、両者間にエミッタ部分を規定する。溝穴の正確な数はフィラメント及びエミッタの原理にとって重要でないが、許容レベルのフィラメント動作電流の下で所望のエミッタ温度分布を達成するために十分な数の溝穴が存在することが必要である。

【0030】図7は、蛇行パターンエミッタ形状を有する第3のフィラメント30を示している。このフィラメント30は単一エミッタを含んでいる。図8は、複数（この場合には2個）のエミッタ41を含む二重エミッタ・フィラメント40を示している。図8は2個のエミッタ41を示しているが、フィラメント40を支持構造物に取付けることによって3つの可能な放出構造物を規定することができる。たとえば、フィラメント40においては、右側の2個のタブに対応する支持構造物に電流を流した場合には第1のエミッタが規定され、左側の2個のタブに対応する支持構造物に電流を流した場合には第2のエミッタが規定され、そして外側の2個のタブ250に対応する支持構造物に電流を流した場合には第3のエミッタが規定される。

【0031】図9の多重エミッタ・フィラメント50は、複数のエミッタ51を含んでいる。図9は3個のエミッタ51を示しているが、可能なエミッタ構成の数は6である。図9における可能なエミッタ構成としては、外側の2個のタブの間、内側の2個の（共有された）タブの間、（図中の）左側の2個のタブの間、（図中の）右側の2個のタブの間、及び各々の外側のタブとそれから1つ飛ばして内側のタブとの間に電流を流した場合が挙げられる。

【0032】図10は、複数のエミッタ61を含む横並び状態の多重エミッタ・フィラメント60を示している。エミッタ61は、大きいエミッタ68と小さいエミッタ69とから成っている。フィラメント60はタブ265を有しているが、それらの少なくとも1個は互いに隣接するエミッタによって共有されている。フィラメント60はまた、フィラメント60の一方の側辺71から延びる溝穴62、及びフィラメント60の他方の側辺72から延びる溝穴63をも有している。

【0033】比較的簡単な形状（たとえば図6に示されたもの）の場合には、高温箔打抜き法を用いてフィラメントを製造することができる。より複雑なフィラメント（たとえば蛇行パターンエミッタ形状を有するもの）

は、様々な高度製造技術のいずれかを用いて製造することができる。このような技術としては、(約0.025 mmの線径を用いる) 細線放電加工(EDM)、写真平版法によるマスキング後のエッチング、レーザ加工及び網型蒸着が挙げられる。

【0034】本発明の範囲内のフィラメント材料であるタングステンから成るフィラメントの場合、所望のマイクロ組織はクリープ抵抗性を向上させるため互いにかみ合った粒界を有する細長い結晶粒から成るものである。クリープ抵抗性の向上は、その寿命全体にわたってフィラメント安定性を保持するために重要である。フィラメントのマイクロ組織は、ドーピング、合金化、及び熱機械加工パラメータ(たとえば、圧延温度、断面減少率、焼なまし処理及び再結晶処理)の制御によって決定することができる。ある範囲の加熱方法を使用することにより、フィラメントの炉内加熱及び自己抵抗加熱を含む再結晶処理に影響を及ぼすことができる。なお、適切な熱機械加工処理及び再結晶処理を選択できない場合には、不十分な寸法安定性、低いクリープ抵抗性、裂け目及び割れ目の少なくとも1者を有するフィラメントが生じることがある。

【0035】陰極カップの電子集束特性と組合わせた場合、フィラメントの寸法(厚さ、長さ及び幅)は焦点スポットの寸法を規定する。所望の焦点スポットを達成するためには、適当なフィラメント構造及び形状(たとえば、湾曲したエミッタ)を使用する必要がある。図11～15は、湾曲したエミッタ構造の可能な実例並びに湾曲したエミッタを製造するための方法及び装置を示している。図11～15に関連して説明される湾曲したエミッタは、上記に記載された本発明の範囲内の任意のエミッタから成っている。エミッタの曲率半径 R は、陰極-陽極間距離、陽極寸法、並びに所望の焦点スポット寸法及び形状のごとき幾つかの因子に依存する。

【0036】図11は、 yz 平面内において曲率半径 R_1 を有するエミッタ900を示している。あるいはまた、エミッタ901(図12)のように、 xz 平面内において曲率半径 R_2 を有することもできる。更に別のエミッタ902(図13)は、 yz 平面及び xz 平面の両方に沿って曲率半径 R_1 及び R_2 を有することができる。なお、湾曲したエミッタの典型的な曲率半径は約1.0 mmから無限大までの範囲内にある。

【0037】かかるエミッタの曲率は、図14に示されるような嵌め合いダイを用いた高温ダイ成形法によって付与することができる。剛性の固定ダイ501は、所望の最終エミッタ形状を生み出すように成形されたくぼみ(たとえば、円柱状、半球状又はその他の形状のくぼみ)502を有している。概して平坦なエミッタ500がくぼみ502内に配置される。所望の最終形状によっては、エミッタのいずれか一方又は両方の側辺がくぼみの外部にはみ出しているてもよい。かかる装置はまた、く

ぼみ502の表面505に対して相補的な形状を持った下面504を有する剛性の上部ダイ503をも含んでいる。ダイ503は、くぼみ502に対してダイ503を(たとえば往復運動状態で)移動させるための適当な動力源と機能的に連結されている。図14の装置並びに図15の装置においては、成形操作を容易にするために少なくとも一方のダイを予熱することができる。

【0038】次に、湾曲したエミッタを製造するための図14の装置の操作法について説明しよう。先ず最初に、平坦なエミッタ500がくぼみ502の内部に配置され、そしてエミッタ500に向けてダイ503が移動させられる。ダイ503とくぼみ502との相互作用により、エミッタ500はダイ表面に対応する所望の湾曲した形状を有することになる。湾曲したエミッタが形成された後、嵌合した可動ダイ503は後退させられる。

【0039】湾曲したエミッタを製造するための別の装置は、図15に示されるごとく、剛性の可動ダイ610と変形可能な押型611とから成っている。変形可能な押型611は、概して平坦な表面612を有すると共に、圧力を受けると変形するが、圧力が解除されると初期の形状を回復する適当な材料から形成されている。たとえば、変形可能な押型611は耐熱性のシリコンゴム材料から成っていればよい。

【0040】操作に際しては、先ず最初に、概して平坦なエミッタ600が変形可能な押型611上に配置される。次に、エミッタ600に向けてダイ610を移動させると、変形可能な押型611に対して押付けられたエミッタ600はダイ表面612に合わせて変形する。この場合にもまた、エミッタ材料の変形を容易にするためにダイを予熱することができる。

【0041】本発明の更に別の側面に従えば、関連する支持要素に対してフィラメントを機械的かつ電氣的に取付けるための安定な支持系が提供される。かかる支持系は、公知の構造物に比べて性能の改善をもたらす。図16～24は本発明の実施例を成す支持系を示しているが、図示されたフィラメントは例示的なものに過ぎない。本発明の範囲内に含まれる任意のフィラメントを使用することができる。かかる支持系の特徴としては、焼なまし中又は焼なまし後にフィラメント表面のゆがみが生じない程度にまでフィラメントに対する束縛を減少させること、動作時にはフィラメントの放出表面のゆがみなしにフィラメントの熱膨張を許すこと、エミッタの寿命を延長させること、フィラメントからの過大な熱損失及びその結果としての放出電流密度の減少に原因する温度の不均一性を防止するのに十分な小さい熱質量を有すること、並びに広範囲の熱サイクルを含む長時間の動作中にフィラメントの適正な位置及び適当な電氣的接触を維持するのに十分なだけの機械的束縛をもたらすことが挙げられる。

【0042】以下の説明においては、先ず最初にリード

が取付ポストに取付けられ、次いでエミッタがリードに取付けられる。これらの工程は、一体リードを有する公知のフィラメントに付随する問題を回避するために役立つ。図16及び17においては、(上記の図中に略示された)リード5にフィラメント300が取付けられる。この場合のリード5は、フィラメント・タブ465に取付けられかつ予め曲げられた薄い箔リード302(以後は単に「リード」と呼ぶ)から成っている。リード302は任意適宜の取付方法によって取付けられる。かかる取付方法としては、レーザ溶接、電子ビーム溶接、抵抗溶接、ろう付け及びそれらの組合せの中から選ばれた少なくとも1者が挙げられるが、それらのみに限定されるわけではない。リード302は、フィラメント300の熱膨張及び熱収縮の下で弾性的にたわむと共に、過度の自己加熱なしにフィラメント電流を流すことのできる構造物から成っている。リード302の材料としては、タングステン、タンタル、モリブデン、レニウム、ニオブ及びそれらの合金の中から選ばれた少なくとも1者のごとき高融点金属材料が挙げられるが、それらのみに限定されるわけではない。かかるリードは薄いものであって、たとえば約0.01〜約1.0mmの範囲内の厚さを有している。

【0043】図16及び17に示されたリード302はまた、長脚リード部分303及び短脚リード部分304を有している。長脚リード部分303は、陰極(図示せず)の支持系の一部を成す取付ポスト310に接続される。取付ポスト310は機械加工によって予め形成された溝穴312を有し、かつ適当な材料から成っている。かかる材料としては、モリブデン、ニオブ及びそれらの合金の中から選ばれた少なくとも1者が挙げられるが、それらのみに限定されるわけではない。長脚リード部分303は、予め形成された溝穴312に嵌合する。溝穴312は、リード302の厚さにほぼ等しい幅を有する開口である。

【0044】取付ポスト310に対する屈曲したリード302の取付けは、たとえば適当な溶接法によって更に確実にすることができる。かかる溶接法としては、レーザビーム溶接、電子ビーム溶接及び抵抗溶接の中から選ばれた少なくとも1者が挙げられるが、その際にはろう材315を随意に使用することができる。更にまた、フィラメントタブ265に対するリード302の取付けを上記のごとき適当な溶接法によって確実にすることもできる。

【0045】図18及び19は、本発明の実施例を成す第2の支持系を示している。フィラメント400は、上記に記載されたフィラメントを例示するものに過ぎない。フィラメント400は3個のタブ465を有している。フィラメント400は、各々のタブの位置において薄い箔リード402(以後は単に「リード」と呼ぶ)に取付けられている。各々のリード402は箔材料から成

ると共に、細長い部分411、第2の部分412、及びタブ465の受口として役立つ一端の開いた溝穴413を有している。なお、一端の開いた溝穴413はリード402の一方の側辺415に開いている。

【0046】フィラメント400は、一端の開いた溝穴413中にタブ465を滑り込ませることによってリード402に取付けられる。両者間の係合は、公差の小さい嵌め合いであることが好ましい。タブ465はまた、上述の屈曲したリード302をフィラメント300に固定するための方法の少なくとも1者によってリード402に固定することができる。リード402はまた、上記と同様にして取付ポスト310に固定することができる。

【0047】図20及び21は第3の支持系を示している。フィラメント450は、タブ465を有する蛇行パターンエミッタから成っている。タブ465はフィラメント450の両端に設けられている。各々のタブは箔リード350(以後は単に「リード」と呼ぶ)に取付けられている。各々のリードは、タブの受口として役立つ両端の開いた溝穴352を有する箔材料から成っている。タブ465及び溝穴352はほぼ相補的な寸法を有する結果、タブ465は溝穴352中にぴったりと嵌合する。支持系を構成するポスト310及びその他の細部は、上記に記載された通りである。

【0048】図22〜24は第4の支持系を示している。かかる第4の支持系は、フィラメント及びリードを互いに固定するため、リード及びフィラメントの一方においてロッキング・ニブ構造650を使用するものである。かかる支持系はリード上にロッキング・ニブ構造を有すると共に、タブ上に溝穴を有する。あるいはまた、かかる支持系はタブ上にロッキング・ニブ構造を有すると共に、溝穴付きのリードを使用する。リード、ポスト及びエミッタの相互作用、取付順序並びに組立工程は、上記に説明した通りである。フィラメント又はリードのいずれに設けられているにせよ、ロッキング・ニブ構造650は互いに実質的な鏡像の関係にある2個の突起652から成っている。これらの突起652はニブ溝穴651によって互いに隔離されており、かつ取付端部653により基礎構造物(タブ又はリード)に連結されて固定溝658を規定している。突起の先端は、カム面を規定する傾斜した側壁655を有している。使用に際しては、ロッキング・ニブ構造650はリード631及びフィラメント620のうちの一方に設けられた溝穴632と協働する。すなわち、ロッキング・ニブ構造650を溝穴632中に挿入すると、まず側壁655が溝穴632の側辺に接触する。次いで、取付端部653の付近の突起652が溝穴632の側辺により圧縮されるが、突起652のたわみはニブ溝穴651によって吸収される。このような運動は突起652の全体が溝穴632を通過するまで継続され、その後ロッキング・ニブ構造

650は弛緩条件に戻る。この時点において、溝穴632はロッキング・ニブ構造650の基部にある固定溝658にしっかりとハマり込む。このようにしてフィラメント620及びリード631は連結される。上記のごとく、所望ならば溶接によって連結を更に確実にすることもできる。とは言え、ロッキング・ニブ構造は適当な電氣的及び機械的接続をもたらすから、溶接は必ずしも必要でない。

【0049】本発明に係わるフィラメント、エミッタ、支持構造物及び方法は、X線管の陰極に関連する用途を有している。本発明のその他の用途は、一様な光度を要求する映写ランプなどの照明用途である。以上、特定の実施の態様に関連して本発明を説明したが、本明細書中の記載に基づけば、本発明の範囲内において様々な組合せの要素、改変又は変更をそれらに施し得ることは当業者にとって自明であろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】一般化されたフィラメントについての座標系の説明図である。

【図2】フィラメントの幾何学的形状を決定するための手順を示すフローチャートである。

【図3】二重エミッタ・フィラメントの半分を示す概略平面図である。

【図4】タングステンフィラメントからの熱電子放出及び蒸発速度を温度に対してプロットしたグラフである。

【図5】電流集中用溝穴を有する単一エミッタ・フィラメントを示す概略平面図である。

【図6】テーパ付きの端部を有する単一エミッタ・フィラメントを示す概略平面図である。

【図7】蛇行溝穴パターンを有する単一エミッタ・フィラメントを示す概略平面図である。

【図8】蛇行溝穴パターンを有する第1の多重エミッタ・フィラメントを示す概略平面図である。

【図9】蛇行溝穴パターンを有する第2の多重エミッタ・フィラメントを示す概略平面図である。

【図10】蛇行溝穴パターンを有する第3の多重エミッタ・フィラメントを示す概略平面図である。

【図11】yz平面内に曲率半径を有する湾曲したエミッタを示す概略斜視図である。

【図12】xz平面内に曲率半径を有する第2の湾曲したエミッタを示す概略斜視図である。

【図13】yz及びxz平面内に曲率半径を有する第3の湾曲したエミッタを示す概略斜視図である。

【図14】湾曲したエミッタを作製するための装置を示す概略断面図である。

【図15】湾曲したエミッタを作製するための第2の装置を示す概略断面図である。

【図16】第1の支持系を示す概略斜視図である。

【図17】第1の支持系を示す概略斜視図である。

【図18】第2の支持系を示す概略斜視図である。

【図19】第2の支持系を示す概略斜視図である。

【図20】第3の支持系を示す概略斜視図である。

【図21】第3の支持系を示す概略斜視図である。

【図22】第4の支持系を示す概略平面図である。

【図23】第4の支持系を示す概略斜視図である。

【図24】第4の支持系を示す概略斜視図である。

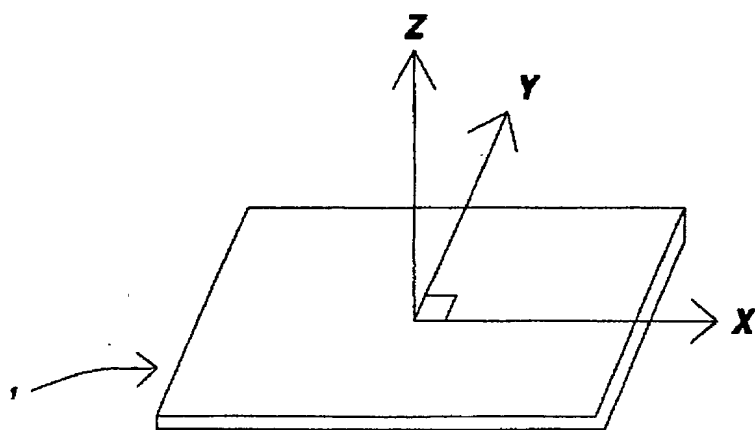
【符号の説明】

- 1 フィラメント
- 5 リード
- 10 フィラメント
- 12 溝穴
- 22 テーパ部分
- 32 溝穴
- 33 溝穴
- 41 エミッタ
- 51 エミッタ
- 62 溝穴
- 63 溝穴
- 68 エミッタ
- 69 エミッタ
- 75 側辺
- 76 側辺
- 200 フィラメント
- 202 エミッタ
- 203 溝穴
- 204 溝穴
- 207 エミッタ・セグメント
- 250 タブ
- 265 タブ
- 300 フィラメント
- 302 リード
- 310 取付ポスト
- 312 溝穴
- 350 リード
- 352 両端の閉じた溝穴
- 400 フィラメント
- 402 リード
- 413 一端の開いた溝穴
- 450 フィラメント
- 465 タブ
- 500 エミッタ
- 501 固定ダイ
- 502 くぼみ
- 503 上部ダイ
- 600 エミッタ
- 610 可動ダイ
- 611 押型
- 631 リード
- 632 溝穴
- 650 ロッキング・ニブ構造

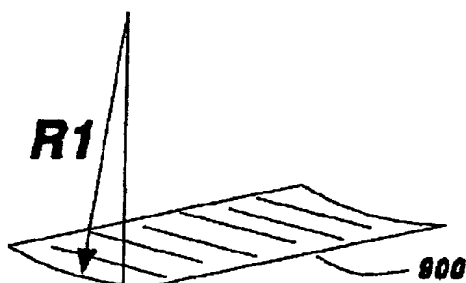
900 湾曲したエミッタ
901 湾曲したエミッタ

902 湾曲したエミッタ

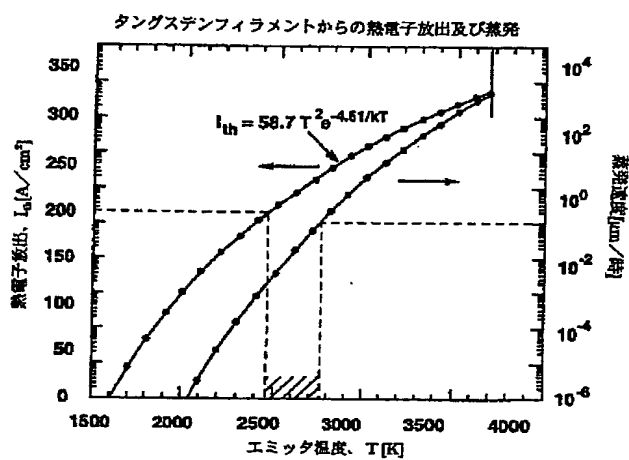
【図1】



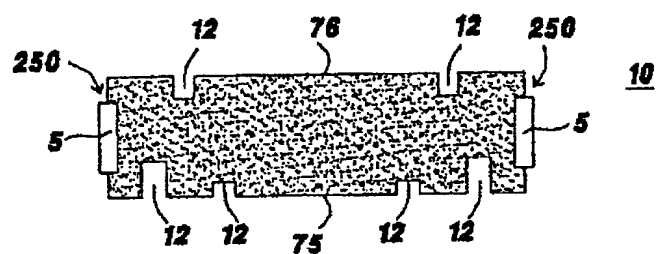
【図11】



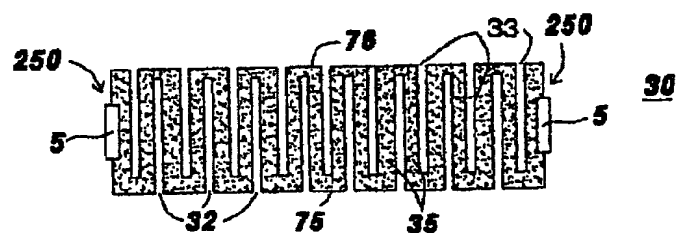
【図4】



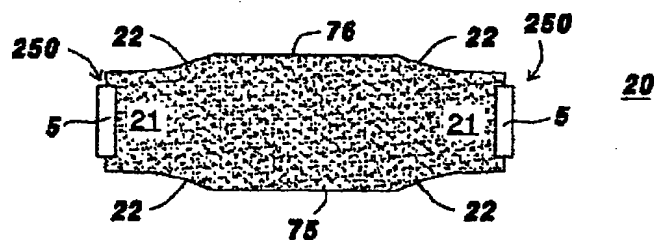
【図5】



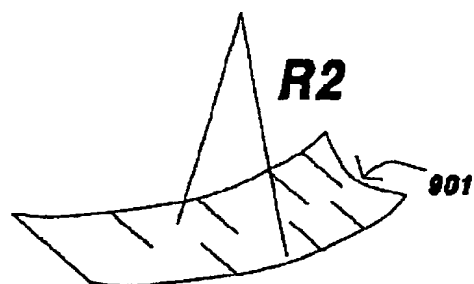
【図7】



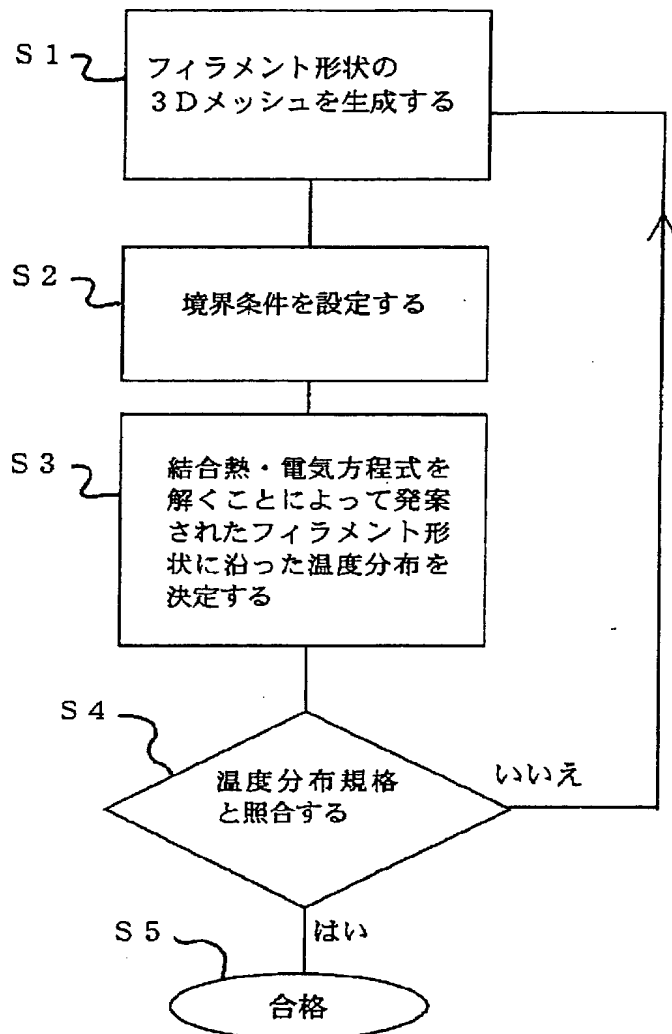
【図6】



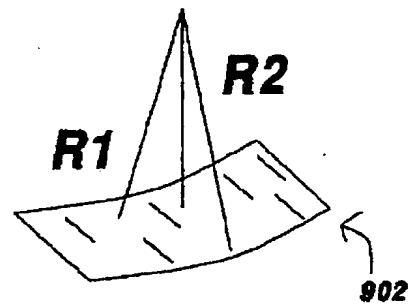
【図12】



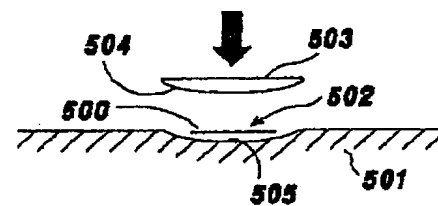
【図2】



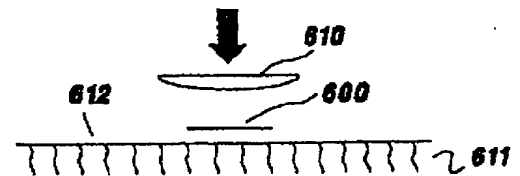
【図13】



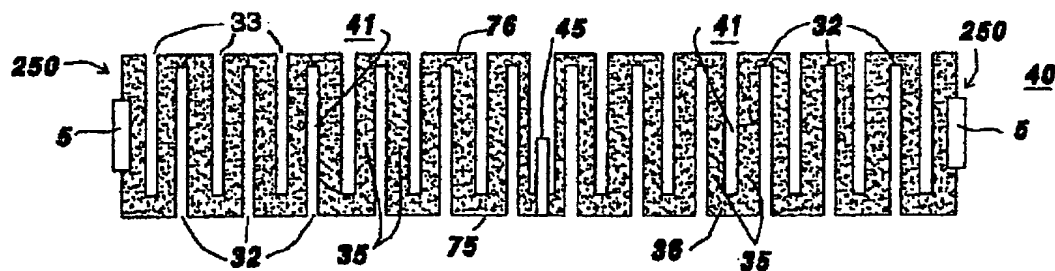
【図14】



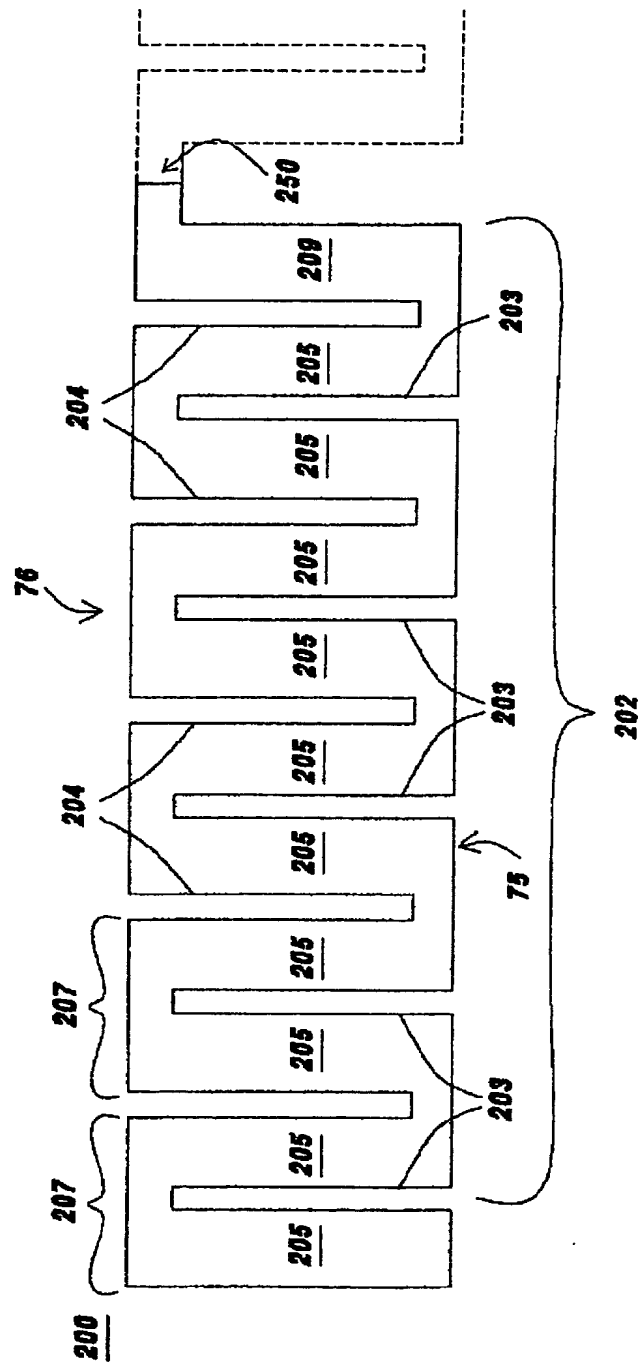
【図15】



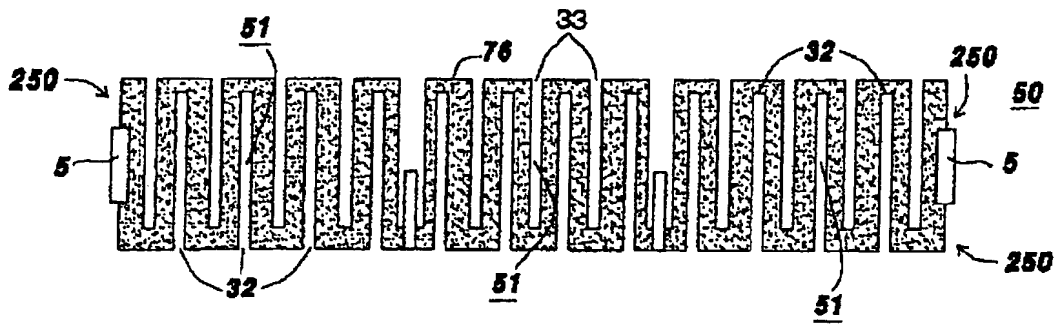
【図8】



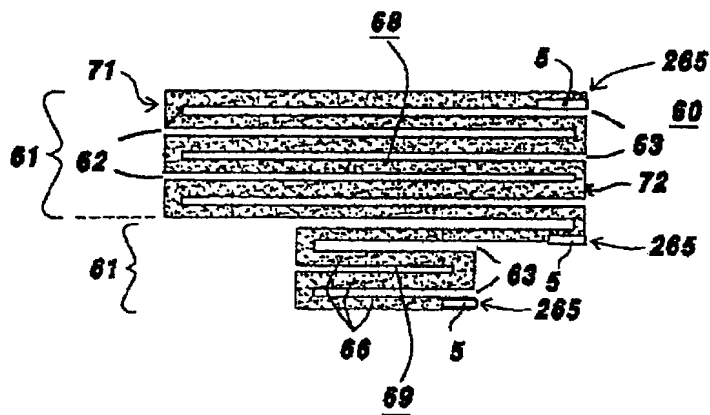
【図3】



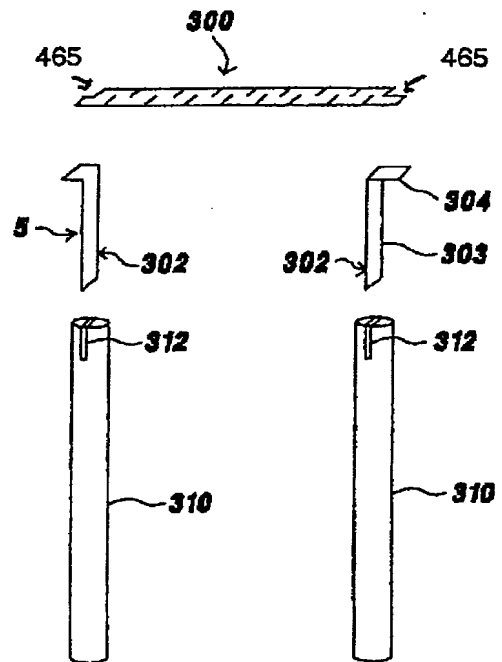
【図9】



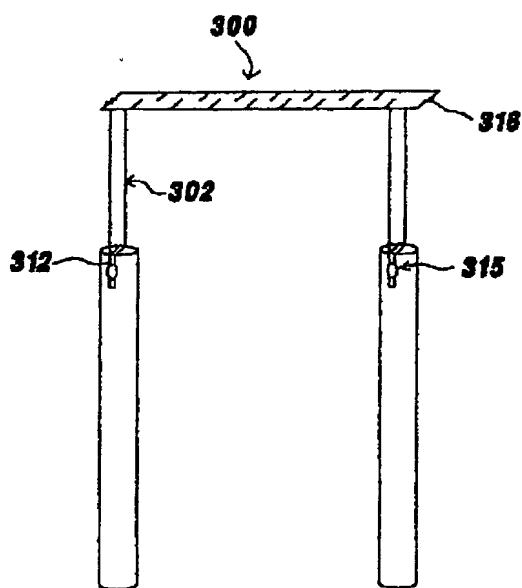
【図10】



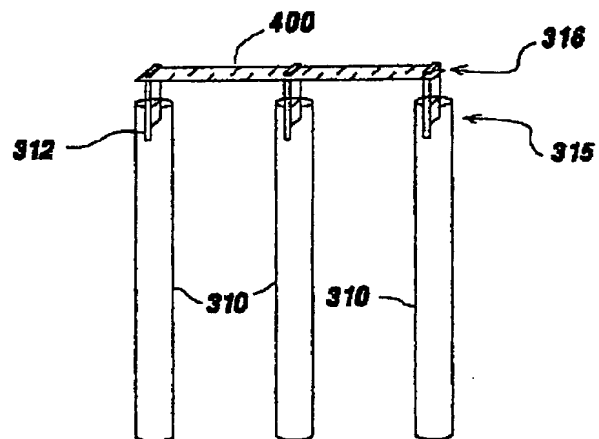
【図16】



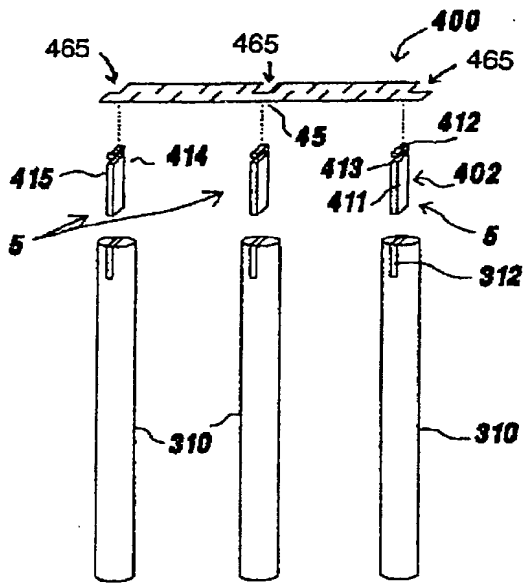
【図17】



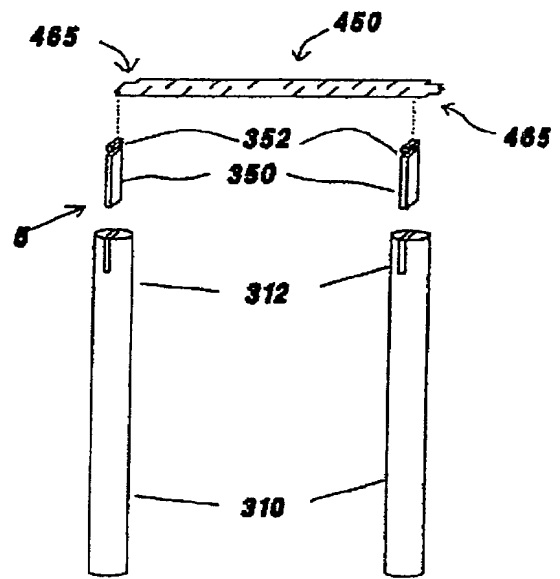
【図19】



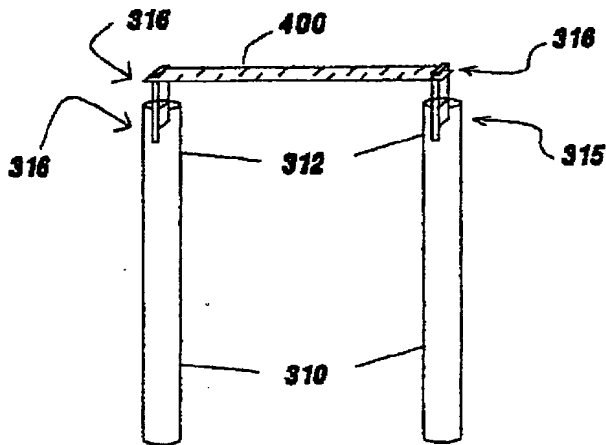
【図18】



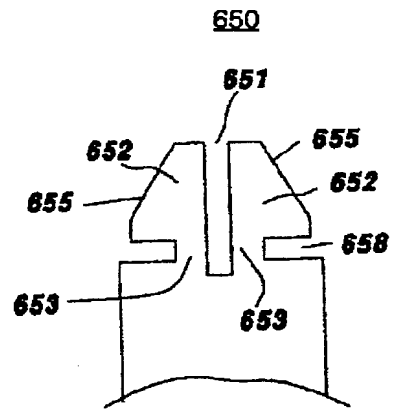
【図20】



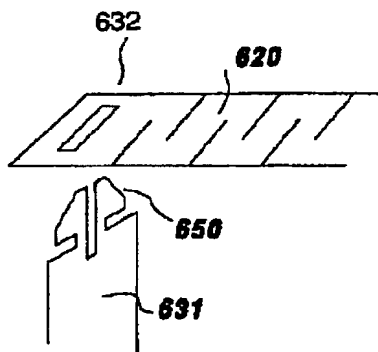
【図21】



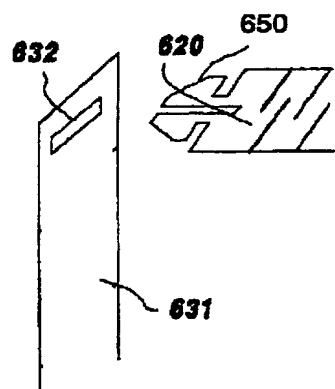
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 カール・エドワード・エリクソン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタデイ、アーズレイ・ロード、1141番

(72)発明者 バーナード・パトリック・ビレイ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタデイ、ボールタウン・ロード、2305番

(72)発明者 デニス・ジョセフ・ダルベ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタデイ、ニスカユナ・ドライブ、2336番



US006259193B1

(12) **United States Patent**
Lipkin et al.

(10) **Patent No.:** US 6,259,193 B1
(45) **Date of Patent:** Jul. 10, 2001

(54) **EMISSIVE FILAMENT AND SUPPORT STRUCTURE**

(75) **Inventors:** Don Mark Lipkin, Niskayuna; Carl Edward Erikson, Schenectady; Bernard Patrick Bewlay, Schenectady; Dennis Joseph Dalpe, Schenectady, all of NY (US)

(73) **Assignee:** General Electric Company, Schenectady, NY (US)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) **Appl. No.:** 09/093,046

(22) **Filed:** Jun. 8, 1998

(51) **Int. Cl.⁷** H01J 1/15; H01J 19/08; H01J 1/02

(52) **U.S. Cl.** 313/341; 313/271

(58) **Field of Search** 313/323, 341, 313/342, 343, 344, 345, 346 R, 348, 349, 351, 358, 238, 243, 271, 272, 273, 279, 281, 292, 315, 316

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,919,373	*	12/1959	Filey et al.	313/340
3,307,974	*	3/1967	Davis	114/212
3,777,209	*	12/1973	McDonnie et al.	313/238
3,788,721	*	1/1974	Vause	316/17
3,914,639	*	10/1975	Barraco et al.	313/271
4,144,473	*	3/1979	Almer	313/315
4,205,254		5/1980	Kanai .	
4,344,011		8/1982	Hayashi et al. .	

4,777,642	10/1988	Ono .	
4,868,842	9/1989	Dowd .	
4,894,853	1/1990	Dowd .	
5,077,777	12/1991	Daly .	
6,115,453	9/2000	Hell et al.	378/186

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

0235619	2/1987	(EP) .
1526262	5/1968	(FR) .
2395595	6/1978	(FR) .
1011398	1/1964	(GB) .

* cited by examiner

Primary Examiner—Ashok Patel

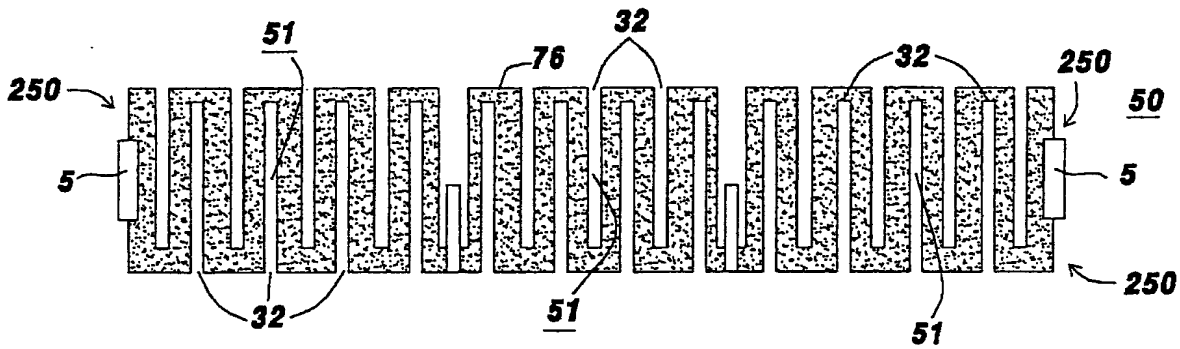
Assistant Examiner—Matthew J. Gerike

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Robert P. Santandrea, Noreen C. Johnson

(57) **ABSTRACT**

A filament comprises a generally thin metal component, such as a sheet, ribbon, or foil. The filament comprises at least one emitter, at least one current-condensing structure and a tab on each end of the at least one emitter. Each tab is connectable to a support system, comprising for example a lead and attachment post. When a current is passed through the filament, the current-condensing structure establishes current flow through the filament resulting in a desired temperature distribution across the emitter, for example a substantially uniform temperature distribution. A predictive tool for determining a geometry of a filament to provide a desired temperature distribution is set forth. The filament may be curved, and methods and systems for providing a curved filament are also provided. Attachment systems are further disclosed for attaching an emitter to a support structure.

12 Claims, 9 Drawing Sheets



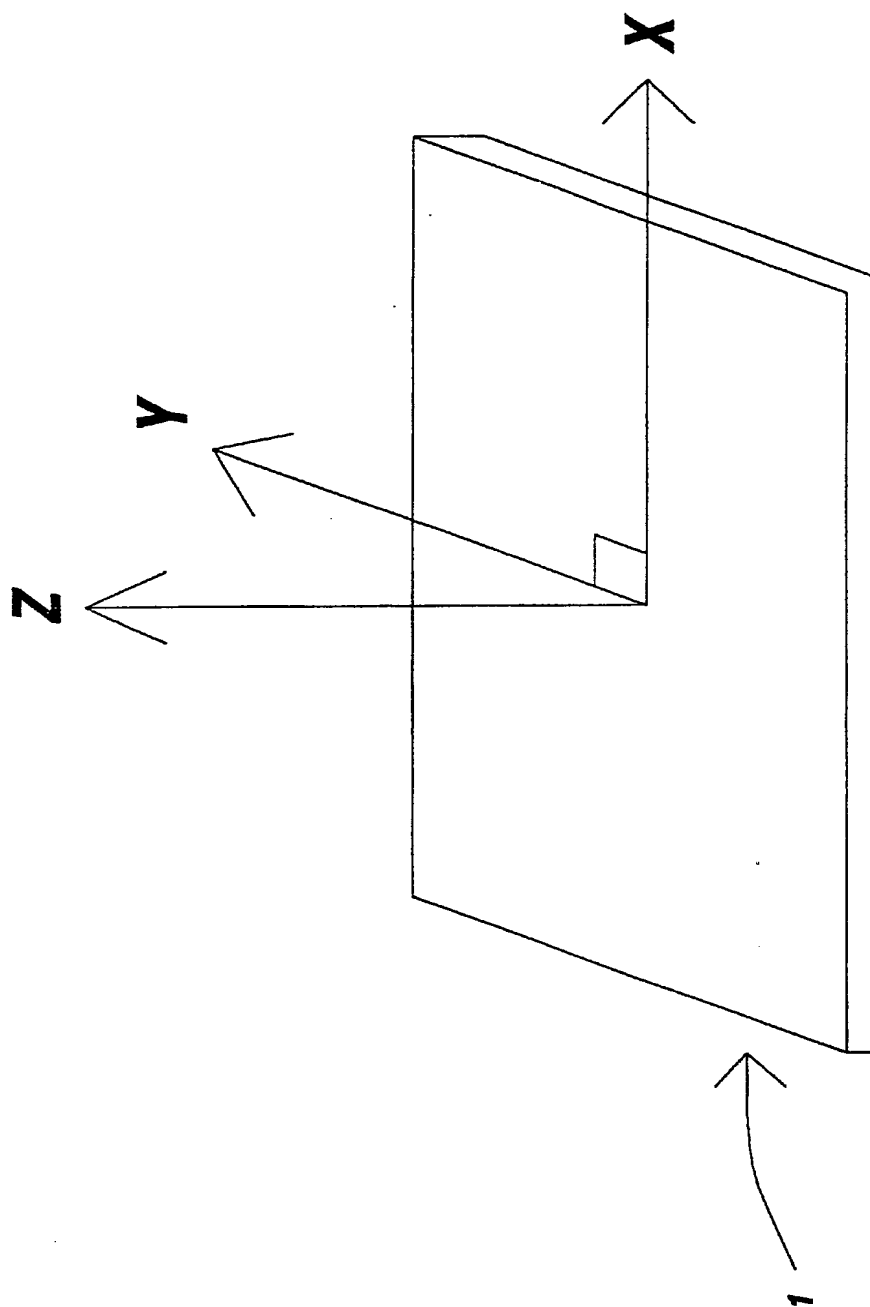
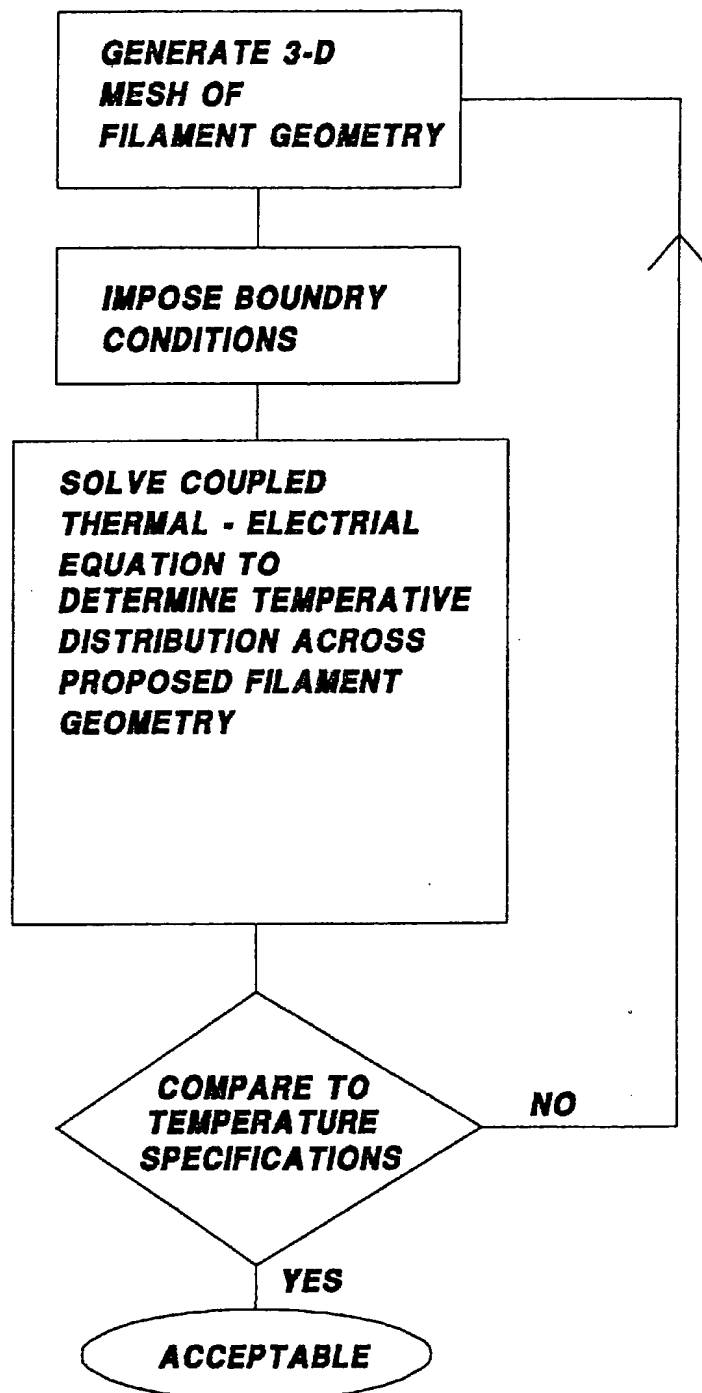


FIG. 1

**FIG.2**

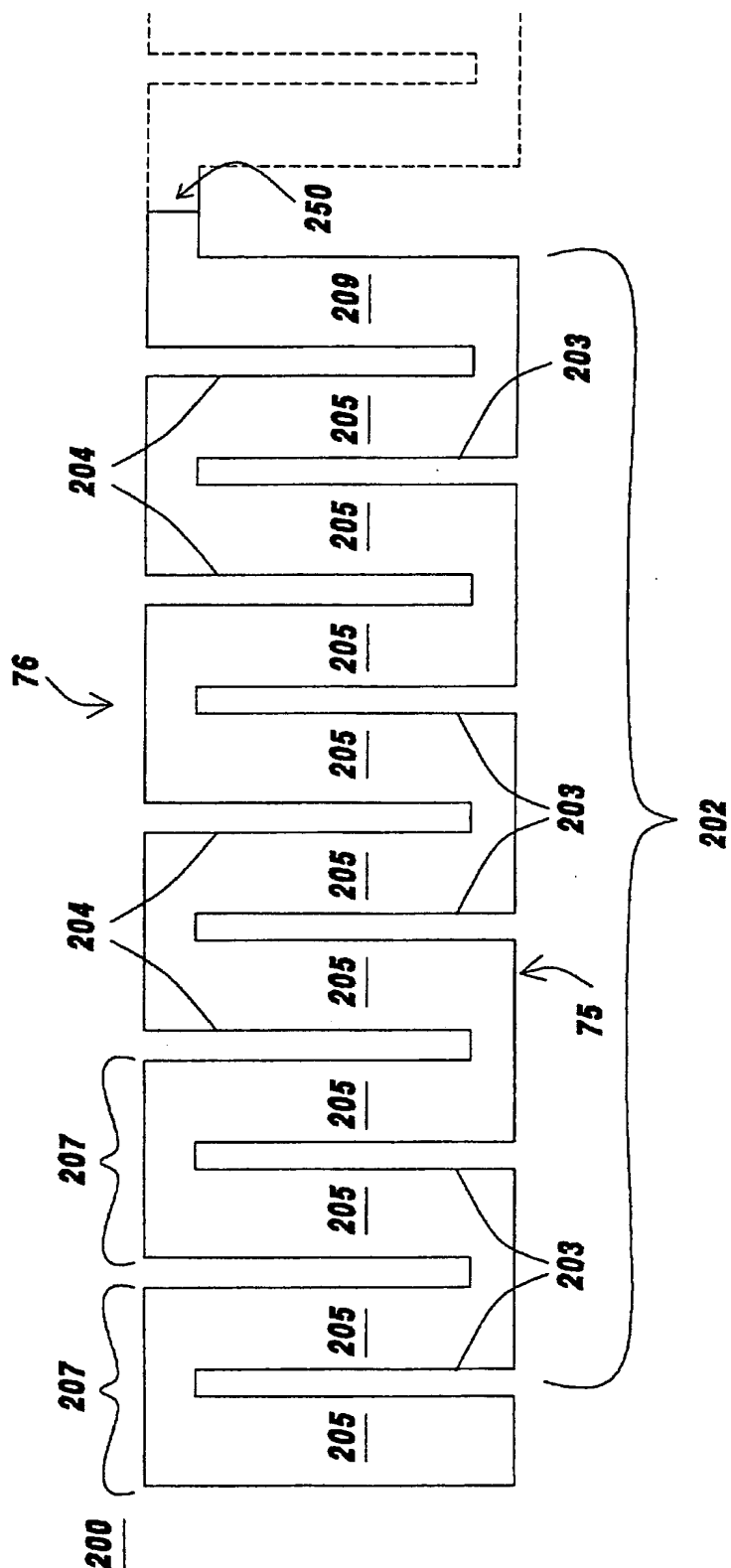


FIG. 3

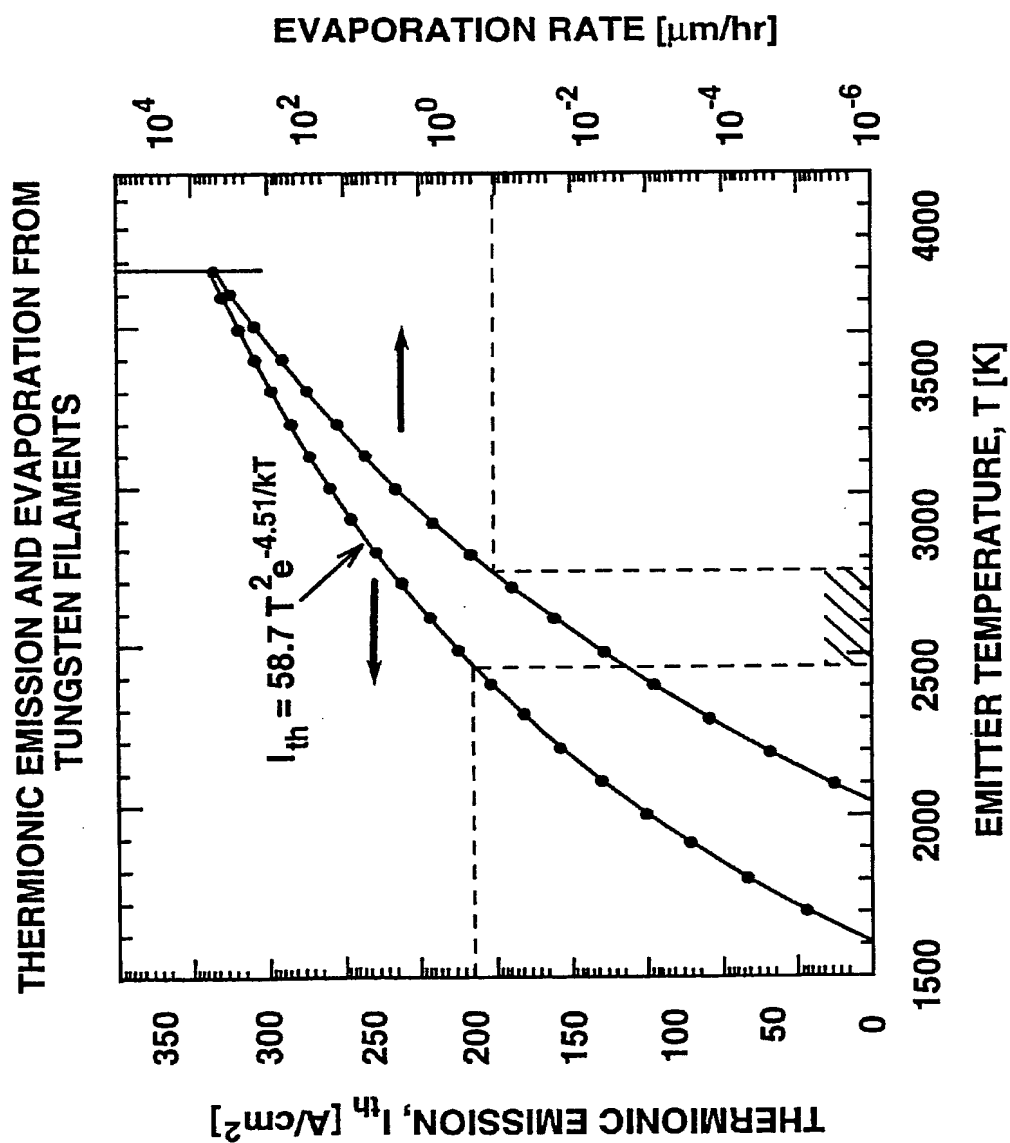


FIG. 4

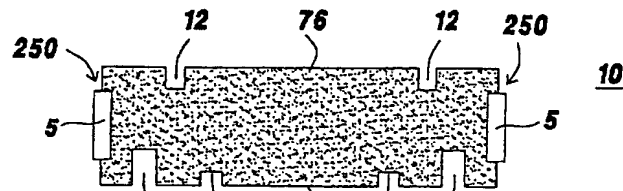


FIG. 5

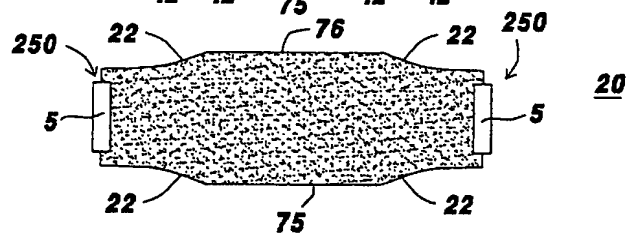


FIG. 6

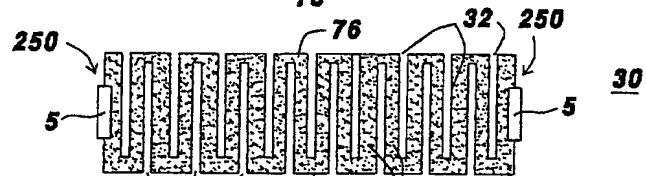


FIG. 7

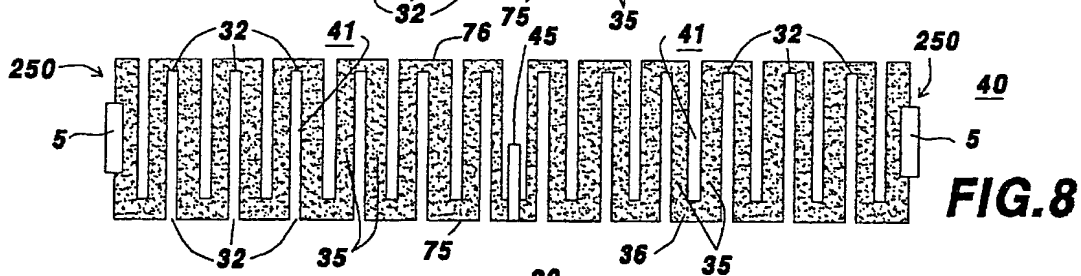


FIG. 8

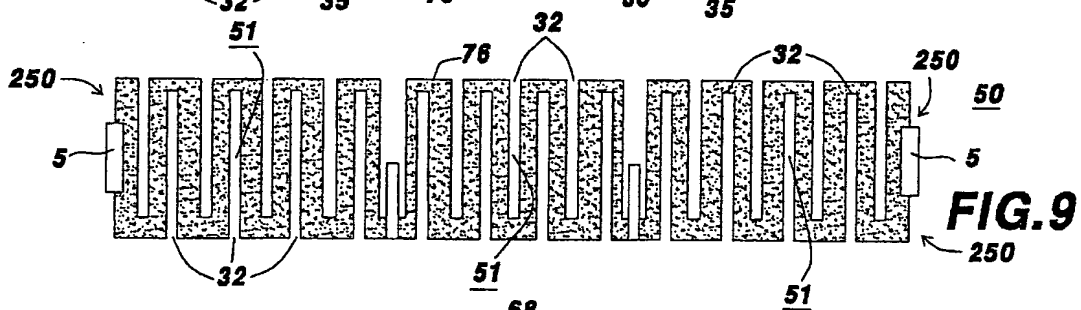


FIG. 9

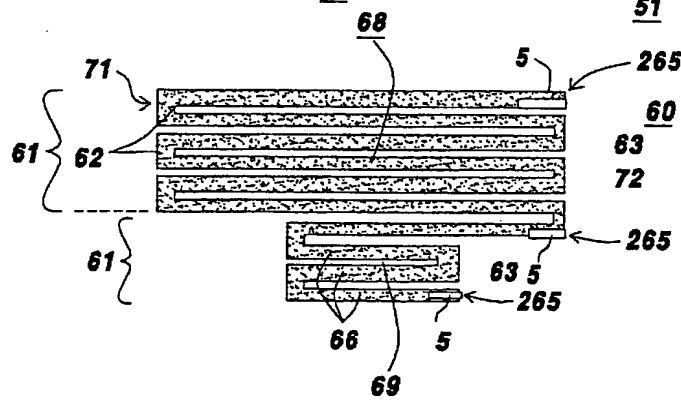


FIG. 10

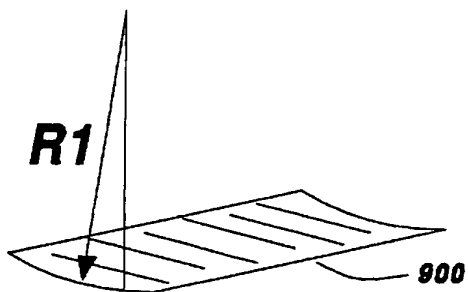


FIG. 11

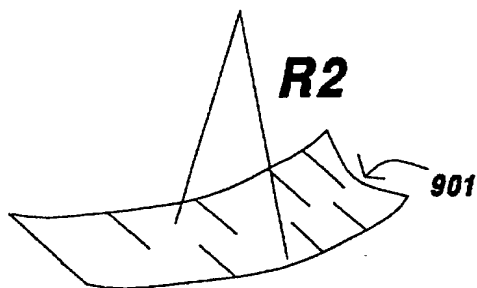


FIG. 12

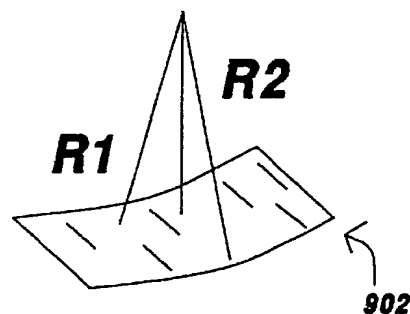


FIG. 13

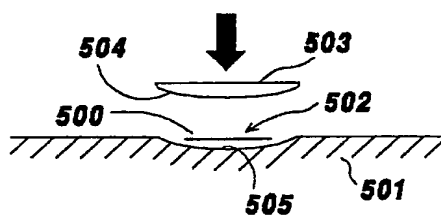


FIG. 14

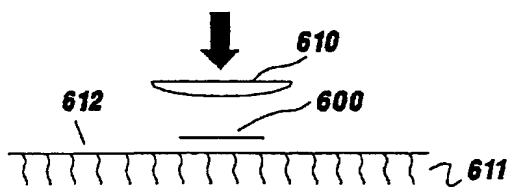


FIG. 15

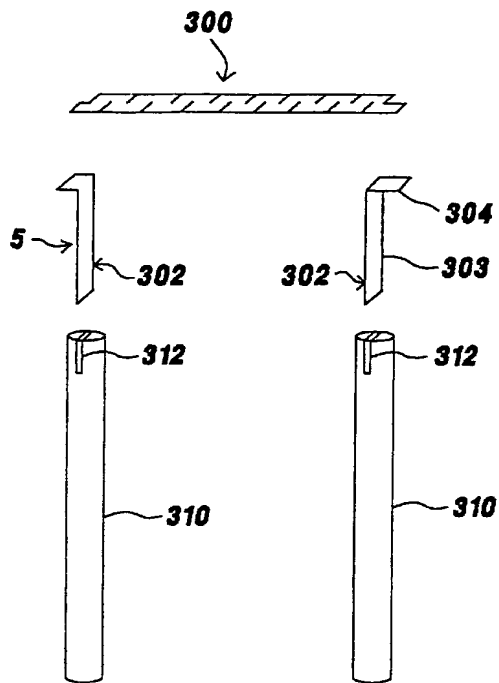


FIG. 16

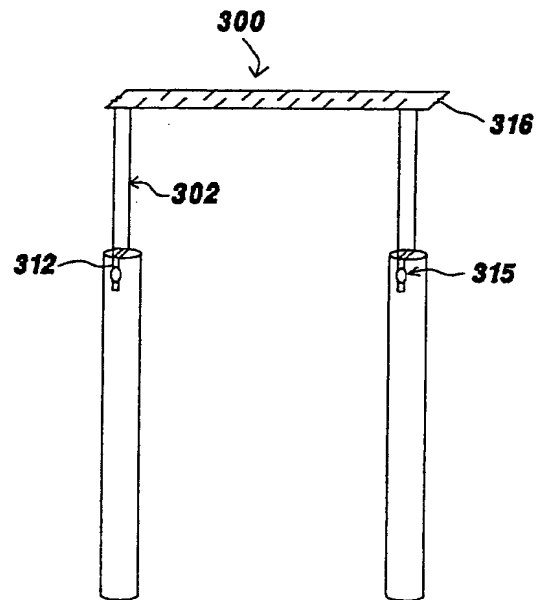


FIG. 17

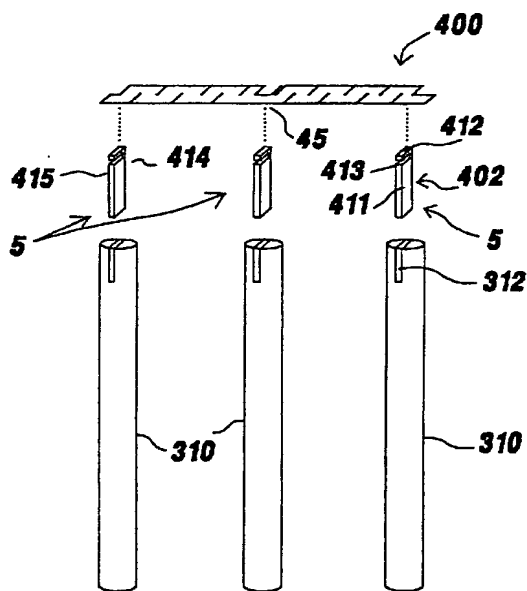


FIG. 18

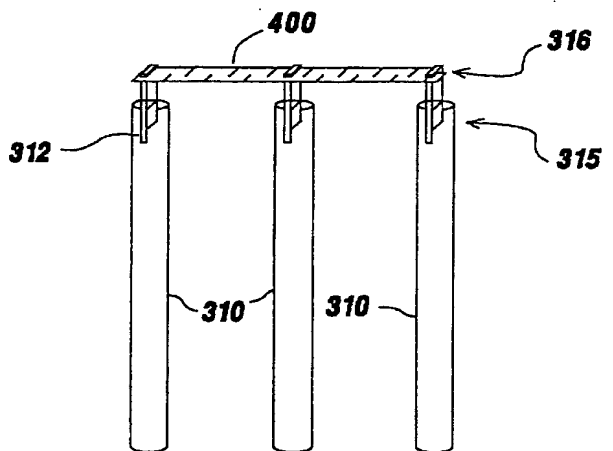


FIG. 19

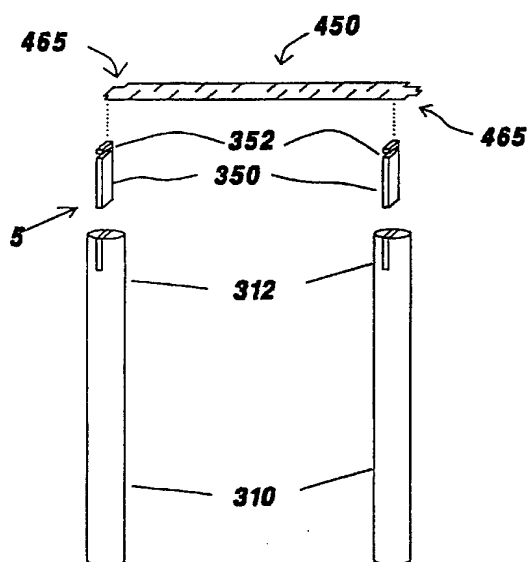


FIG. 20

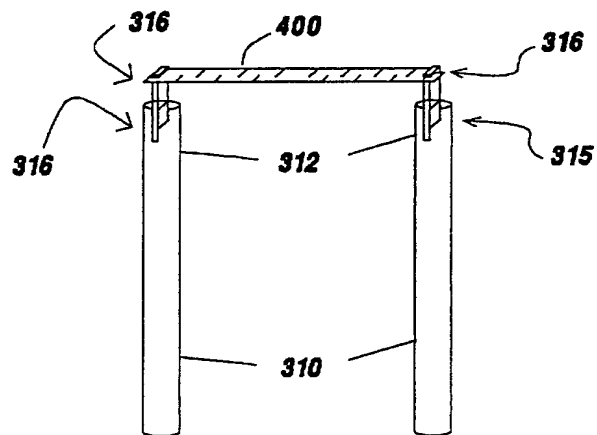


FIG. 21

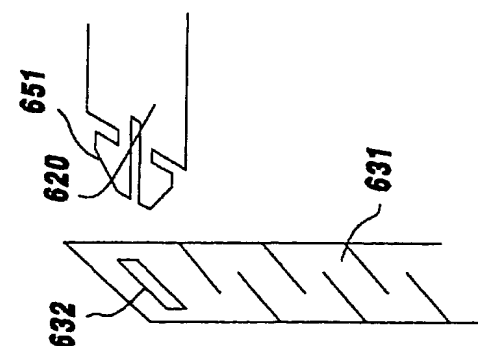


FIG. 22

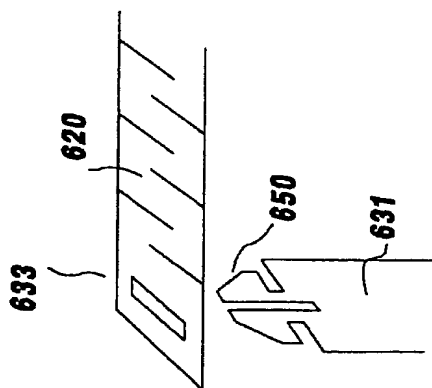


FIG. 23

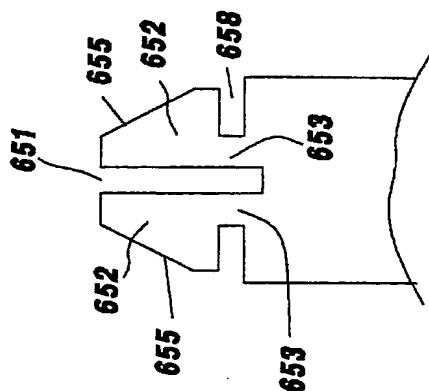


FIG. 24

1

EMISSIVE FILAMENT AND SUPPORT STRUCTURE

FIELD OF INVENTION

The invention is related to filaments. In particular, the invention is related to filament construction for electronic emitters.

BACKGROUND OF THE INVENTION

A filament comprises at least one emitter. An emitter is a component that releases energy, as in the form of electrons, upon the absorption of energy. In the filament, the emitter is one element and the filament can include additional features. Alternatively, the filament can comprise a plurality of emitters.

Conventional filament designs for lighting and electronic emission generally comprise a helical coil geometry. While a helical coil has proven adequate for many applications that require relatively isotropic illumination, a helical coil may be inefficient for electronic emission. This inefficiency is partly due to space-charge limitations on emission current, which result in low saturation, and hence a weak signal. Additionally, a large fraction of electron trajectories reaches an associated anode outside a desired target area, leading to an undesirable focal spot profile.

The prior art in filaments, emitters, filament manufacture and support assemblies focuses on tungsten helical coil emitters. Attachment of helical coil filaments to supports is accomplished by crimping the filament wire inside electrically conducting leads. The techniques used in this method of attachment often result in filament misalignment, leading to undesirable focal spot characteristics.

Ribbon-like filaments, and their emitters, have been known in the art for illumination and electronic emission purposes. These ribbon filaments generally comprise a single emitter. These known ribbon filaments comprise integrally formed leads, and are thus difficult to attach to supports with a desired alignment accuracy. The integral-lead configuration compromises the filament alignment in a cathode assembly because the ribbon filaments are prone to warp as the integral leads are twisted during attachment to the support structure.

Near-isothermal heating is exhibited in sufficiently long helical coil filaments due to the coils possessing an extended length of uniform cross-section. The uniform cross-section results in essentially negligible heat conduction along a portion of the filament. Known ribbon filaments do not maintain a uniform temperature across the emitter and hence do not approach their potential thermionic emission current or life. Further, known ribbon filaments do not possess an engineered temperature distribution across the filament, and thus do not achieve their potential focal spot quality. Further deficiencies of known ribbon filaments include inadequate mounted stability and ease of alignment with a support and mounting structure.

It is therefore desirable to improve performance of filaments and associated emitters by introducing filament designs that produce desired temperature distributions across emitters and prolonged emitter life, while attaining high emission currents and good focal spot quality. Also, it is desirable to provide filament geometries that offer substantial mounting advantages over conventional helical coils. The mounting advantages include, but are not limited to, enhanced focusability, geometric stability, consequent durability and ease of alignment within a filament mounting structure, and retention of focal spot quality.

2

SUMMARY OF THE INVENTION

One aspect of the invention provides a method for determining a geometry of a filament. The filament is composed of a thin metal foil, ribbon or sheet, and that has a geometry that exhibits a prescribed temperature distribution across it, thus enhancing electron emission and life. The method comprises generating a three-dimensional (hereinafter "3-D") mesh of a filament geometry; imposing boundary conditions on the 3-D mesh; solving a coupled thermal-electrical equation to determine a temperature distribution across a surface of the generated filament geometry subject to imposed boundary conditions; and determining that the filament geometry is acceptable when temperature distribution specifications are met. If the filament geometry does not conform to the temperature distribution specifications, the filament geometry determination method is iterated until the temperature distribution is acceptable.

A filament that is formed from a thin metal foil, ribbon or sheet is provided, as another embodiment of the invention. The filament comprises at least one emitter that releases energy, generally in the form of electrons or photons, at least one current-crowding structure that confines current flow, and at least one tab on each end of an emitter for attachment of the emitter. The emitter further comprises additional tabs. Thus, when current is passed through the filament, the current-crowding structure establishes current flow through the filament, resulting in a desired temperature distribution across the emitter.

Another aspect of the invention includes a method of making a curved filament. The method comprises providing a thin metal foil, ribbon or sheet starting filament, having at least one emitter and defining axes. The filament includes at least one current-crowding structure, so when current is passed through the filament the current-crowding structure establishes the desired temperature distribution across the filament. The method includes the steps of providing a first stationary die; disposing the filament on the first stationary die; providing a movable die; moving the moveable die toward the filament; and deforming the filament to produce a desired curvature in the filament.

Still another embodiment of the invention includes a support system for a filament support, where the filament comprises at least one emitter having tabs. The system includes a plurality of leads comprising tab connectors that allow attachment to the plurality of filament tabs; and further a support structure comprising at least a plurality of attachment posts, each post comprising a slot adapted to receive a lead. Thus, when each tab is attached to a lead and each lead is attached to a post, the filament is mechanically and electrically supported.

The filament, as set forth by the invention, is thin. For example, a filament possesses a thickness in the range between about 0.01 mm to about 1.0 mm. The filament comprises an appropriate emissive material such as, but not limited to a material selected from: substantially pure tungsten, tantalum, rhenium, and alloys thereof; a doped material, for example but not limited to potassium-doped tungsten for improved creep resistance; and at least one particulate containing material, such as carbides or oxide-containing materials for enhanced mechanical properties; and at least one of lanthanated, ceriated, hafniated, and thoriated tungsten for enhanced thermionic emission.

These and other aspects, advantages and salient features of the invention will become apparent from the following detailed description, which, when taken in conjunction with the annexed drawings, where like parts are designated by

like reference characters throughout, discloses embodiments of the invention.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is an explanatory view of a coordinate system on a generalized filament;

FIG. 2 is a flow chart illustrating a procedure to determine filament geometry;

FIG. 3 is a schematic illustration of one-half of a dual-emitter filament;

FIG. 4 is a graph illustrating thermionic emission and evaporation rates from tungsten filaments with respect to temperature;

FIG. 5 is a schematic illustration of a single-emitter filament comprising current-crowding slots;

FIG. 6 is a schematic illustration of a single-emitter filament comprising tapered ends;

FIG. 7 is a schematic illustration of a single-emitter filament comprising a serpentine-slot pattern;

FIG. 8 is a schematic illustration of a first multi-emitter filament comprising a serpentine-slot pattern;

FIG. 9 is a schematic illustration of a second multi-emitter filament comprising a serpentine-slot pattern;

FIG. 10 is a schematic illustration of a third multi-emitter filament comprising a serpentine-slot pattern;

FIG. 11 is a schematic illustration of a curved filament having a radius of curvature in the yz plane;

FIG. 12 is a schematic illustration of a second curved emitter having a radius of curvature in the xz plane;

FIG. 13 is a schematic illustration of a third curved emitter having radii of curvature in the yz and xz planes;

FIG. 14 is a schematic illustration of a system for fabricating curved emitters;

FIG. 15 is a schematic illustration of a second system for fabricating curved emitters;

FIGS. 16 and 17 are schematic illustrations of a first attachment system;

FIGS. 18 and 19 are schematic illustrations of a second attachment system;

FIGS. 20 and 21 are schematic illustrations of a third attachment system; and

FIGS. 22-24 are schematic illustrations of a fourth attachment system.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

In this invention, a filament is a thin metal foil, ribbon or sheet, and comprises at least one emitter. As discussed above, the filament is thin, for example having a thickness in the range between about 0.01 mm to about 1.0 mm, and an emitter releases energy, such as electrons or photons, upon absorption of energy, such as energy from Joule heating. When a filament comprises one emitter, it is referred to as a single-emitter filament. If the filament comprises two or more emitters, it is referred to as a multi-emitter filament. FIG. 1 illustrates a filament 1 superimposed onto a set of three orthogonal coordinates x, y and z. In the following discussion, the xy plane defines the plane of the emitter, where the x axis defines a mean direction of current flow through the filament.

The filament comprises an appropriate emissive material such as, but not limited to a substantially pure material selected from the group consisting of: tungsten, tantalum,

rhodium, and alloys thereof; a doped material, for example but not limited to potassium-doped tungsten for improved creep resistance. Alternatively, the material includes at least one of metal carbides and metal oxides for enhanced mechanical durability, and at least one of lanthanated, ceriated, hafniated, and thoriated tungsten for enhanced thermionic emission. A starting shape of the filament comprises a foil blank that has a thickness in a range between about 0.01 mm to about 1.0 mm with a surface area in a range from about 1.0 mm² to about 1000.0 mm². Accordingly, filaments can produce emission currents in the range between about 1.0 mA to about 10.0 A. The exact filament dimensions vary in size depending on a desired emission current, life, and focal spot size.

Each filament comprises at least two end-connection portions, alternatively known as tabs, which are used to connect the filament to an appropriate electromechanical support structure. The number of tabs is usually one greater than the number of emitters. For example, if a filament comprises a single emitter, there are two tabs. If the filament comprises two emitters, there are three tabs, one of which is shared by each emitter. In general, for x emitters, the number of tabs is x+1.

The thermionic emission of an emitter is primarily dependent on temperature. Variations in temperature distribution across a filament can lead to drastic changes in thermionic emission. Filaments that provide a substantially planar, and alternatively a slightly curved emitting surface, offer substantial advantages over conventional helical coils. These advantages include increased emission current, improved focusing capability, extended emitter life, ease of alignment within a mounting structure, and long-term geometric stability, and subsequent retention of focal spot quality.

A predictive tool has been developed for determining a filament geometry that provides a desired temperature distribution across a filament, for example a substantially uniform temperature distribution. The model relies upon a 3-D numerical code to solve a coupled thermal-electrical problem of current passing through a patterned metallic conductor, and determines a filament design that enhances magnitude and distribution of the thermionic emission, while assuring the desired filament life.

The predictive tool uses a numerical solver, for example but not limited to, a finite-element code (FEM), to balance Joule heat in each filament with corresponding heat losses, for example those due to conduction and radiation. The filament design is then "tested" to check a temperature distribution across the filament. The methodology of the design tool is described below and in conjunction with FIG. 2.

In FIG. 2, the predictive model generates and meshes a 3-D filament design at step S1. In step S2, appropriate boundary conditions are imposed that comprise, but are not limited to, heating current, ambient temperature and lead temperature. In step S3, a coupled thermal-electrical equation is solved to determine a temperature distribution across the emitting surface. The coupled thermal-electrical equation accounts for Joule heating, emissive radiation, and thermal conduction.

In step S4, the temperature distribution calculated from step S3 is compared to temperature distribution specifications. If the temperature distribution specifications are met, the proposed filament design is determined to be acceptable in step S5. However, if the proposed filament design does not conform to temperature specifications, steps S1 through S4 are repeated with an appropriately modified geometry.

5

Steps S1 through S4 are iterated until temperature distribution specifications are met. At that point, the predictive tool and its method are complete.

The temperature distribution specifications chosen for the filament are determined according to its intended uses. For example, and in no way meant to limit the invention, temperature uniformity specifications are imposed, such that there is not greater than about $\pm 25^\circ$ K. variation across the emitter. Such specifications provide for increased emission current with respect to filament life.

One possible emitter configuration for a multi-emitter filament 200 (here a dual-emitter filament) determined by the design tool is illustrated in FIG. 3. The filament 200 comprises an emitter 201 and its mirror image emitter, which is illustrated in phantom. In FIG. 3, exemplary dimensions of the emitter 201 comprise about a 2.0 mm $\times$ 5.0 mm area, with a thickness of about 0.05 mm. Tabs 250 are maintained at a temperature of about 2000° K. The emitter operates with an applied current, i , equal to about 7 A. A resulting temperature distribution is essentially uniform over a portion of the emitter 201 (with about a $\pm 25^\circ$ K. variation), and a maximum temperature of about 2600° K. is reached. This description is merely exemplary and is not meant to limit the invention.

The filament 200, in FIG. 3, comprises an emitter 202 having a serpentine-patterned configuration. The serpentine-patterned configuration is formed to control current flow through an active emitting portion of the emitter, which generates and defines the focal spot, and to consequently produce a desired temperature distribution across the filament. The number, size and location of the current-crowding slots (notches) in the serpentine-patterned configuration can be varied to counteract any thermal losses to leads, and attain a desired temperature profile across the emitter.

The serpentine-patterned emitter configuration in FIG. 3 is defined by alternating slots, including first slots 203 extending from one side 75 of the filament 200 and second slots 204 extending from the opposite side 76 of the filament 200. The slots 203 and 204 define respective emitter portions 205 therebetween. In FIG. 4, five (5) emitter segments 207 are illustrated, and this number is merely exemplary of the invention. Any number of emitter segments 207 to achieve the desired emitter temperature distribution is within the scope of the invention.

Performance and reliability of a filament are enhanced by balancing thermionic emission from the filament and evaporation rates of the filament. FIG. 4 illustrates a graph of thermionic emission and evaporation rates from tungsten filaments with respect to emitter temperature. The graph indicates a possible operating temperature regime for filaments. As is illustrated by the graph, temperatures falling to either side of the operating regime will result in either insufficient emission or inadequate life.

FIGS. 5–10 illustrate some exemplary filament configurations. The filament tabs 250 are connected to leads 5, shown generally and described in detail hereinafter. FIGS. 5–7 illustrate single-emitter filament constructions and FIGS. 8–10 illustrate multi-emitter filaments. FIGS. 8 and 9 comprise a plurality of emitters arranged end-to-end. FIG. 10 illustrates a filament that comprises emitters arranged side-by-side. In the following description, the axes are defined by the coordinate system of FIG. 1. The slots and sides, and the resultant emitter configuration, are as described with respect to FIG. 3, unless otherwise specified.

FIG. 5 illustrates a filament 10, which comprises current-crowding slots 12. The slots 12 comprise differing sizes and

6

shapes interspersed along the filament 10. The slots 12 may be spaced from each other, and have any pattern, depth and width in the filament 10, as needed to attain desired emitter performance.

FIG. 6 illustrates a second filament 20 that comprises tapered ends 21 adjacent the tabs for condensing current. Each tapered section 22 narrows from a constant width at the mid-portion 23 to the tabs 250. The shape of the section 22 can vary depending on the intended performance specifications of the filament. For example, the size and orientation of the tapered section 22 can be varied to counteract heat losses and provide the desired temperature distribution such as uniform temperature distributions across the emitter.

FIGS. 7–10 illustrate serpentine-patterned emitter configurations formed using alternating slots. The slots serve to control the filament temperature by modifying the current density distribution, and can be interspersed on the filament, for example, with a higher concentration at the ends of the filament to counteract thermal losses to the attachments or any desired function. The slots extend a distance across the filament along the x-axis (FIG. 10), or the y-axis (FIGS. 7–9). In FIGS. 7–9, the alternating slots comprise first slots 32 on one side 75 of the filament and second slots 33 on the opposite side 76 to define a serpentine-patterned emitter configuration. The slots 32 and 33 define emitter portions 35 therebetween. The exact number of slots is not essential to the concept of the filament and emitter; however, there should be a sufficient number of slots to attain the desired emitter temperature distribution at a permissible level of filament operating current.

FIG. 7 illustrates a third filament 30, that comprises a serpentine-patterned emitter configuration. The filament 30 comprises a single emitter. FIG. 8 illustrates a dual-emitter filament 40, which comprises a plurality (here two) of emitters 41. Although FIG. 8 illustrates two emitters 41, the filament 40 can be attached to a support structure to define three possible emitting structures. For example, the filament 40 defines a first emitter when passing current through a support structure at the two right-most tabs, another emitter when passing current through a support structure at the two left-most tabs and a third emitter when passing current through a support structure at the two outer-most tabs 250.

The dual-emitter filament 50 of FIG. 9 comprises a plurality of emitters 51. Although FIG. 9 illustrates three emitters 51, the number of possible emitter constructions is 6. In FIG. 9, possible emitting structures include passing current through the filament at the two outer tabs, the two shared inner tabs, the two left-most (as illustrated) tabs, the two right-most (as illustrated) tabs, and between each side tab, and the furthestmost tab when skipping one shared tab.

FIG. 10 illustrates a side-by-side multi-emitter filament 60 comprising a plurality of emitters 61. The emitters 61 comprise a larger emitter 68 and a smaller emitter 69. The filament 60 comprises tabs 265, where at least one of the tabs 265 is shared by adjoining emitters. The filament 60 also comprises slots 62 extending from one side 71 of the filament 60 and slots 63 extending from the opposite side 72 of the filament 60.

For relatively simple geometries, for example those illustrated in FIG. 6, an elevated-temperature foil punching process can be used to manufacture the filaments. More intricate filaments, for example those having serpentine-patterned emitter configurations, can be fabricated using one of a number of advanced manufacturing techniques. These techniques include fine-wire electro-discharge machining (EDM) (wire diameter as small as about 0.025 mm), pho-

tolithographic masking followed by etching, laser machining, and net-shape vapor deposition.

For filaments made of tungsten, which is a filament material within the scope of the invention, a desired microstructure comprises elongated grains with interlocking grain boundaries to enhance creep resistance. Enhanced creep resistance is important to retain filament stability throughout its lifetime. The microstructure of the filaments is determined by doping, by alloying, as well as by thermo-mechanical processing parameters, such as but not limited to rolling temperatures, area reductions, annealing treatments, and recrystallization treatments. A range of heating methods can be used to affect the recrystallization treatments, including furnace and self-resistance heating of the filament. Failure to select appropriate thermo-mechanical processing and recrystallization treatments can result in filaments having at least one of inadequate dimensional stability, low creep resistance, splits and cracks.

A filament's dimensions (thickness, length and width), when combined with the electron-focusing characteristics of a cathode cup, define the focal spot dimensions. Attainment of the desired focal spot is achieved by an appropriate filament construction and shape, for example a curved emitter. FIGS. 11-15 illustrate possible and exemplary curved emitter configurations, as well as methods and systems to produce a curved emitter. The curved emitter, discussed with respect to FIGS. 11-15, comprises any emitter described above and within the scope of the invention. The radii of curvature R of an emitter are dependent upon several factors, such as cathode-to-anode distance, anode size, and desired focal spot size and shape.

FIG. 11 illustrates an emitter 900 with a radius of curvature in the yz plane, $R1$. Alternatively, emitter 901 (FIG. 12) may have a radius of curvature $R2$ in the xz plane. Further, an alternative emitter 903 (FIG. 13) may have radii of curvature $R1$ and $R2$ along both principal planes, yz and xz . A typical radius of curvature of a curved emitter comprises a radius in a range between about 1.0 mm to infinity.

The emitter curvature can be imparted by a hot-die forming process using mating dies as illustrated in FIG. 14. A rigid stationary die 501 comprises a shaped depression, such as a cylindrical, hemispherical or other shaped depression 502, that will result in the desired final filament shape. A nominally flat filament 500 is positioned at the depression 502. Depending on the desired final shape, the filament can extend out of the depression 502, on either or both sides. The system comprises a rigid upper die 503 with a bottom surface 504 that possesses a complementary and mating shape to a surface 505 of the depression 502. The die 503 is operatively connected with an appropriate motive source to move the die 503 to and away from the depression 502, for example in a reciprocating manner. In the system of FIG. 14, as well as the system of FIG. 15, at least one of the dies may be pre-heated to facilitate the forming process.

The operation of the system for producing a curved emitter of FIG. 14 will now be discussed. A flat filament 500 is initially placed in the depression 502, and the die 503 is moved toward the filament 500. The interaction of the die 503 with the depression 502 forces the filament 500 into a desired curved shape conforming to die surfaces. The curved emitter is formed and the movable mating die 503 is then retracted.

Another system for producing curved emitters comprises a movable rigid die 610 and a compliant mold 611, as illustrated in FIG. 15. The compliant mold 611 comprises a nominally flat surface 612 and is formed of an appropriate

material that deforms when subjected to pressure, but recovers its initial shape when the pressure is released. For example, the compliant mold 611 can comprise a high-temperature silicone rubber material.

In operation, a nominally flat emitter 600 is initially placed on the compliant mold 611. Next, the die 610 is moved toward the filament 600, forcing the emitter 600 to conform to the die surface 612 when compressed against the compliant mold 611. A curved emitter 600 is thus formed upon retraction of the die 610. Again, the dies may be preheated to facilitate deformation of the emitter material.

Another aspect of the invention is a stable support system that mechanically and electrically attaches a filament to an associated support element. The attachment system provides improved performance over known structures. FIGS. 16-24 illustrate attachment systems, as embodied by the invention; however the representation of the filament is merely exemplary. Any filament within the scope of the invention can be utilized. Attributes of the attachment system are as follows: it minimizes constraints on the filament to the extent that distortion of the filament surface does not occur during or after annealing; it allows for thermal expansion of the filament during operation without distortion of the filament emitting surface; it extends emitter life; it has sufficiently low thermal mass to prevent non-uniform temperatures due to excessive heat losses from the filament and consequent reduction in emission current density; and it provides adequate mechanical constraint to retain the filament in proper position and in adequate electrical contact during prolonged operation, including extensive thermal cycling.

In the following descriptions, leads are first attached to attachment posts and thereafter the emitter is attached to the leads. These steps avoid problems inherent to attachments of known filaments comprising integral leads.

In FIGS. 16 and 17, a filament 300 is attached to leads 5 (generally illustrated in the above figures) that comprise pre-bent thin-foil leads 302 (hereafter leads) attached to the filament tabs 465. The leads 302 are attached by any appropriate attachment method, such as but not limited to, at least one of laser-welding, electron-beam welding, resistive welding, brazing, and combinations thereof. The leads 302 comprise a structure that elastically deflects under the thermal expansion and contraction of the filament 300 and carries filament current without excessive self-heating. The material of the leads 302 includes, but is not limited to, refractory metal materials such as at least one of tungsten, tantalum, molybdenum, rhenium, niobium, and alloys thereof. The leads are thin, for example having a thickness in the range between about 0.01 mm to about 1.0 mm.

The leads 302, as illustrated in FIGS. 16 and 17, further comprise a long-leg lead portion 303 and a short-leg portion 304. The long-leg lead portions 303 connect to attachment posts 310 that comprise part of the support system of a cathode (not illustrated). The attachment posts 310 comprise pre-machined slots 312, and are formed from an appropriate material, including but not limited to at least one of molybdenum, niobium and alloys thereof. The long-leg lead portion 303 mates with the premachined slots 312. The slots 312 comprise an opening having a thickness essentially equal to the thickness of the leads 302.

The attachments of the bent leads 302 to the attachment posts 310 may be further secured, for example by an appropriate weld, including at least one of laser-beam welding and electron-beam welding and resistive welding, with or without braze 315. Further, the attachment of the lead 302 to filament tab 265 can be secured by an appropriate weld, as discussed above.

FIGS. 18 and 19 illustrate a second attachment system, as embodied by the invention. The filament 400 is illustrative to the filaments illustrated above. The filament 400 comprises three tabs 465. The filament 400 is attached to thin-foil leads 402 (hereafter leads) at each tab. Each lead 402 comprises a foil material, and is formed with an elongated portion 411, a second portion 412, and an open-ended slot 413 that serves as the receptacle for the tab 465. The open-ended slot 413 is open at one side 415 of the lead 402.

The filament 400 is attached to the lead 402 by sliding the tab 465 into the open-ended slot 413. The engagement therebetween is preferably a small-tolerance fit. The tab 465 may be additionally secured to the lead 402 by at least one of the above described methods for securing the bent leads 302 to the filament 300. The leads 402 can be further secured to attachment posts 310 in a manner similar, to that discussed above.

FIGS. 20 and 21 illustrate a third attachment system. The filament 450 comprises a serpentine-patterned emitter with tabs 465. The tabs 465 extend from the ends of the filament 450. Each tab is attached to foil leads 350 (hereafter leads). Each lead comprises a foil material with a closed-sided slot 352 that serves as the tab receptacle. The tabs 465 and the slot 352 are approximately complementary in size, so that the tab 465 fits snugly into the slot 352. The posts 310 and other details of the system are set forth above.

FIGS. 22-24 illustrate a fourth attachment system. The fourth attachment system relies upon a locking nib structure 650 on one of the lead and filament to secure the filament and lead together. This system comprises a locking nib structure on the lead and a slot on the tab. Alternatively, this system comprises a locking nib structure on the tab and a slotted lead. The interaction, attachment order, and steps to assemble the lead, post and emitter are explained above. The locking nib structure 650, whether provided on the filament or lead, comprises two protrusions 652 that are substantial mirror images of each other. The protrusions 652 are separated from each other by a nib slot 651 and are connected to the base structure (tab or lead) by attachment ends 653 to define a locking groove 658. The projections terminate in a slanted side wall 655 that defines a cam surface.

In use, the locking nib structure 650 cooperates with a slot 632, which is located in one of a lead 631 and a tab 620. The locking nib structure 650 is inserted into the slot 632, until the side walls 655 contact edges of the slot 632. The protrusions 652 are then compressed about the attachment ends 653 by the sides of the slot 632 and deflection of the protrusions 652 is accommodated by the nib slot 651. This movement continues until the entire protrusions 652 have passed through the slot 632 and the locking nib structure 650 returns to a relaxed state. At this point, the slot 632 is securely positioned in a locking groove 658 at nib the base of the locking nib structure 650. The filament 620 and leads 631 are thus connected. As above, welds may be used to further secure the connections if desired; however welds are not needed as the locking nib structure provides a suitable electrical and mechanical connection.

Filaments, emitters, support structures and methods, as embodied by the invention, have applications in X-ray tubes cathodes. A further application of the invention comprises illumination for such use as projection lamps, where a uniform luminosity is desired.

While the embodiments described herein have been discussed, it will be appreciated from the specification that various combinations of elements, variations or improvements therein may be made by those skilled in the art, and are within the scope of the invention.

What is claimed is:

1. A support system for a filament, wherein the filament comprises at least one emitter and a plurality of connection tabs; the support system comprising:

a plurality of foil leads attachable to the plurality of tabs of said emitter; and

a support structure comprising at least a plurality of attachment posts, each post comprising a slot adapted to receive a lead, wherein each lead connects to a slot of the plurality of attachment posts and then each tab is attached to a lead.

2. A system according to claim 1, wherein at least one lead comprises a pre-bent lead.

3. A system according to claim 1, further comprising additional attachment for connecting said lead to a post and a tab to a lead, the additional attachment selected from the group consisting of:

laser-welding, electron-beam welding, resistive welding, and brazing.

4. A system according to claim 1, wherein the plurality of leads comprises a material selected from the group consisting of:

tungsten, tantalum, molybdenum, niobium, rhenium and alloys thereof.

5. A system according to claim 1, wherein said emitter comprises a plurality of current-crowding structure slots and at least two tabs, each lead comprising at least one open-ended slot cooperating with the tab, wherein said emitter is supported by fitting said open-ended slot with the tab.

6. A system according to claim 1, wherein said emitter comprises a plurality of current-crowding structure and at least tabs, each lead comprising at least one closed sided slot cooperating with the tab, wherein said emitter is supported by a fitting tab into a closed-sided slot.

7. A system according to claim 1, wherein one of the tab and the lead comprises a locking nib structure and the other of the tab and the lead comprises a closed-sided slot that receives the locking nib structure.

8. A system according to claim 1, wherein said emitter comprises a thickness in a range between about 0.01 mm to about 1.0 mm.

9. A method for determining a geometry of a filament, the method comprising:

generating a 3-D mesh of a filament geometry;

solving a coupled thermal-electrical equations to determine a temperature distribution across a surface of a filament geometry subject to imposed boundary conditions; and

iterating the filament geometry and solving for temperature distributions subject to the imposed boundary conditions until the filament geometry conforms with temperature specifications.

10. A method according to claim 9, wherein the imposing boundary conditions comprise imposing at least one of heating current, ambient temperature, and lead temperature boundary conditions.

11. A method according to claim 9, wherein the solving for a temperature distribution further comprises accounting for at least one of Joule heating, emissive radiation, and thermal conduction.

12. A method according to claim 9, wherein the method determines a filament geometry for a single emitter filament or a multi-emitter filament, where the filament comprises a metal foil, a metal ribbon or a metal sheet, each filament comprises a thickness in a range between about 0.01 mm to about 1.0 mm.

* * * * *

